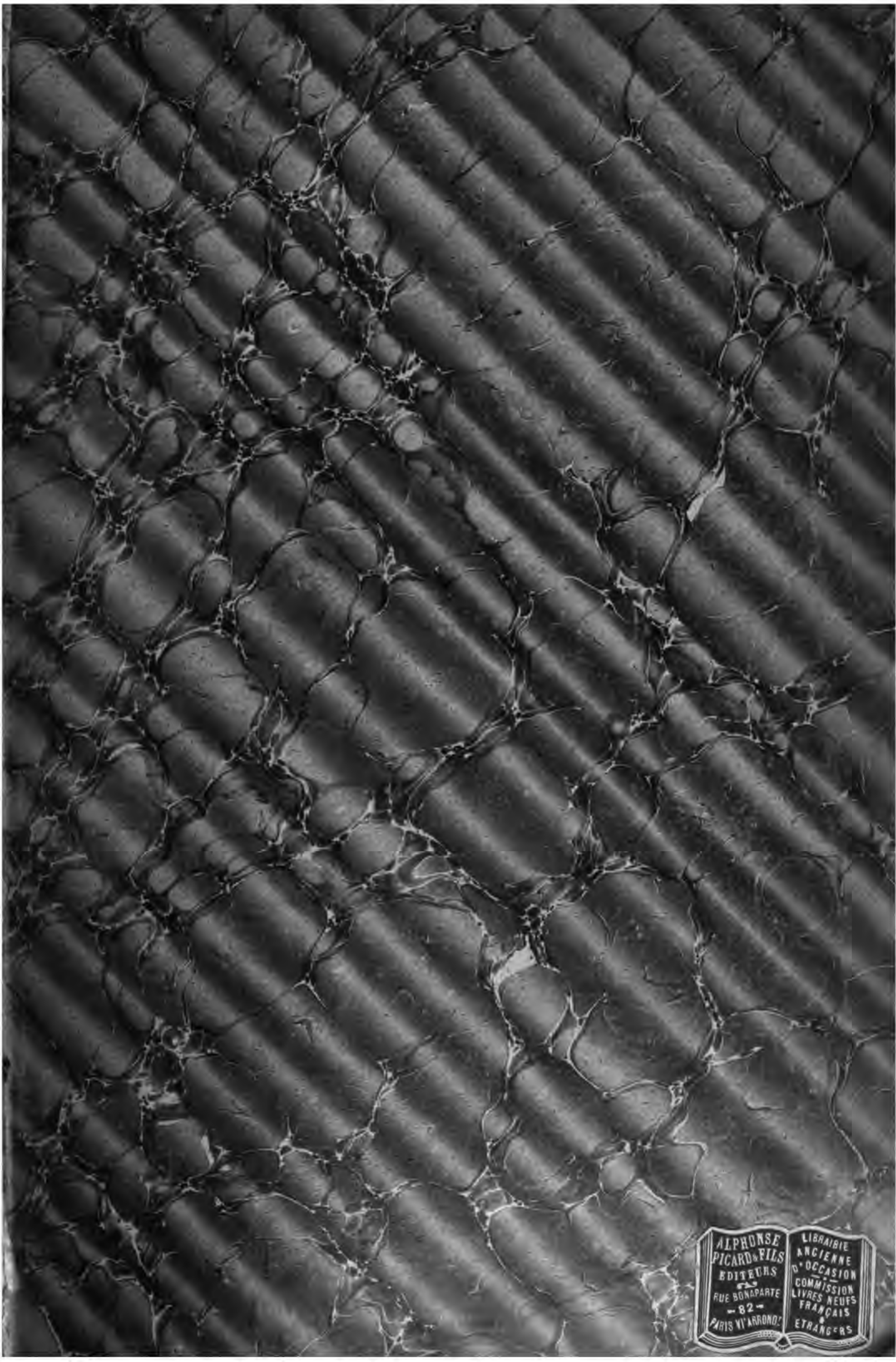




Econ 5959.00.75
Harvard College Library
BOUGHT WITH INCOME
FROM THE BEQUEST OF
HENRY LILLIE PIERCE
OF BOSTON
Under a vote of the President and Fellows
October 24, 1898


ALPHONSE
PICARD & FILS
EDITEURS
RUE BONAPARTE
82
PARIS VI ARROND.T
LIBRAIRIE
ANCIENNE
D'OCCASION
COMMISSION
LIVRES NEUFS
FRANÇAIS
&
ETRANGERS

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

LE BILAN D'UN SIÈCLE
(1801-1900)

PAR

M. ALFRED PICARD

MEMBRE DE L'INSTITUT, PRÉSIDENT DE SECTION AU CONSEIL D'ÉTAT
COMMISSAIRE GÉNÉRAL

TOME QUATRIÈME

MINES ET MÉTALLURGIE. — INDUSTRIES DE LA DÉCORATION ET DU MOBILIER
CHAUFFAGE ET VENTILATION
ÉCLAIRAGE NON ÉLECTRIQUE. — FILS, TISSUS, VÊTEMENTS



PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

M CMVI

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900

À PARIS

LE BILAN D'UN SIÈCLE

(1801-1900)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

LE BILAN D'UN SIÈCLE

(1801-1900)

PAR

M. ALFRED PICARD

MEMBRE DE L'INSTITUT, PRÉSIDENT DE SECTION AU CONSEIL D'ÉTAT
COMMISSAIRE GÉNÉRAL

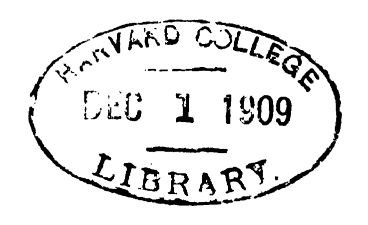
TOME QUATRIÈME

MINES ET MÉTALLURGIE. — INDUSTRIES DE LA DÉCORATION ET DU MOBILIER
CHAUFFAGE ET VENTILATION
ÉCLAIRAGE NON ÉLECTRIQUE. — FILS, TISSUS, VÊTEMENTS



PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMVI


HARVARD COLLEGE
DEC 1 1909
LIBRARY

LE BILAN D'UN SIÈCLE

(1801-1900)

CHAPITRE XIII.

MINES ET MÉTALLURGIE.

§ 1. MINES.

1. Considérations préliminaires. — L'exploitation des mines et la métallurgie ont pris naissance aux premiers âges de la société, dès que l'homme, abandonnant ses outils de silex, a commencé à se servir du bronze et du fer. Aujourd'hui, le prodigieux développement de la production industrielle et la disparition graduelle du combustible végétal rendent la houille presque aussi indispensable que les métaux.

Un intérêt exceptionnel s'attache à l'étude du matériel et des procédés de l'industrie minérale, par suite de l'importance qu'ont acquise ses produits, soit à raison de leur rareté et de leur grande valeur intrinsèque, soit à raison de leur caractère d'objets de première nécessité.

Souvent, la simple découverte d'un gisement nouveau et la constatation des moyens pratiques de l'exploiter constituent à elles seules une entreprise de longue haleine demandant beaucoup de temps et de capitaux.

Presque toujours, l'exploitation est une œuvre considérable. Il faut, dans beaucoup de cas, porter les travaux à plusieurs centaines de mètres de profondeur, lutter contre les eaux, se défendre contre le grisou, assurer une ventilation énergique des chantiers, recourir à de puissantes machines pour l'introduction des ouvriers et l'extraction des produits. Fréquemment impurs quand ils arrivent au jour, ces produits ont à subir diverses élaborations pour être débarrassés des matières stériles.

Habituellement, après cette préparation mécanique qui complète l'œuvre du mineur, la matière n'est pas encore susceptible d'un emploi

IMPRIMERIE NATIONALE.

immédiat dans l'industrie; elle doit être soumise à des opérations chimiques et mécaniques, rentrant dans le domaine de la métallurgie.

Ainsi l'industrie minérale et métallurgique forme un ensemble particulièrement complexe; il n'est guère de procédé technique qui lui reste étranger: on peut même dire qu'elle a contribué, pour une large part, au développement de plusieurs sciences et aux découvertes les plus marquantes des arts industriels. C'est, par exemple, l'exploitation minière qui a engendré les sciences toutes modernes de la minéralogie et de la géologie; c'est pour les mines qu'ont fonctionné, au moyen âge, les premiers moteurs hydrauliques rationnellement établis, et, au XVIIIe siècle, les premières machines à vapeur; c'est dans les mines qu'ont été créées les voies ferrées; ce sont les nécessités de l'extraction et de la préparation des minerais qui ont fait naître et se multiplier les appareils de ventilation, de triage, de classement, etc., utilisés ensuite pour les autres industries; c'est à la métallurgie enfin que doivent être attribués les premiers progrès de la chimie, dont le rôle est actuellement si capital pour une foule de branches de la production.

2. Matériel et procédés de l'exploitation des mines. — 1. *Généralités*. — Les progrès de l'industrie minière sont intimement liés à ceux des sciences mêmes dont elle a provoqué la naissance, ainsi qu'au développement des industries mécaniques. Rien d'étonnant, dès lors, à ce qu'avant d'atteindre l'âge de la maturité féconde, elle ait traversé une longue période d'enfance, alors que le précieux concours de ces sciences et de ces industries auxiliaires lui faisait défaut.

Cet essor admirable dont nous sommes les témoins ne remonte guère à plus de soixante ans. En comparant les mines de houille de 1830 aux grandes installations établies dans divers pays, notamment dans le nord de la France, on n'y voit guère d'autre trait commun que le but des unes et des autres : elles diffèrent profondément, aussi bien par la nature des moyens mis en œuvre que par la puissance de ces moyens et par l'intensité de l'exploitation.

La force des engins d'épuisement et surtout d'extraction s'est considérablement accrue; des procédés mécaniques ingénieux et variés

sont venus pourvoir à la ventilation; les méthodes d'exploitation ont été étudiées et perfectionnées; la préparation mécanique des minerais a subi des transformations essentielles; on est parvenu à attaquer les mines en traversant des terrains naguère inabordables; etc.

Il n'est pas jusqu'aux éléments en apparence le moins propres aux nouveautés, comme l'introduction et la sortie des ouvriers, les transports intérieurs, le travail manuel du mineur à son chantier, qui n'aient été renouvelés ou ne soient en voie de l'être d'une manière plus ou moins complète.

Là de même qu'ailleurs, les modifications ont eu pour objet l'économie des frais généraux, par la centralisation et l'accroissement des moyens de production, et l'économie de main-d'œuvre, par l'usage de plus en plus étendu des engins mécaniques.

Du reste, aucune industrie peut-être n'était plus accessible que celle des mines à de telles modifications : en effet, ni les capitaux, ni la compétence et l'intelligence dans la direction, ne lui ont jamais manqué; elle a eu, de plus, la bonne fortune de trouver des débouchés presque indéfinis, d'être poussée par une demande sans cesse croissante; elle a dû s'ingénier, bien moins pour placer ses produits que pour les mettre au niveau des besoins de la consommation, bien moins aussi pour utiliser tous les bras disponibles que pour remédier à leur insuffisance.

La transformation radicale du matériel est surtout apparue à l'Exposition universelle de 1878. À cette époque, les mines venaient de se trouver aux prises avec les plus grosses difficultés, provenant d'une demande excessive et d'une production insuffisante pour y faire face. Partout, les exploitants avaient été conduits à augmenter considérablement la puissance de leur outillage; cette puissance s'affirmait par les grandes machines d'extraction et d'épuisement qu'exposaient les constructeurs le plus en renom. La mesure avait même été dépassée, comme toujours en pareil cas, et l'excès de la demande a fait place à un excès temporaire de production; il y a eu pléthore industrielle et les prix se sont abaissés pour une assez longue période. Du reste, les oscillations de ce genre constituent un fait presque normal dans de nombreuses industries.

Depuis, le progrès a continué, comme nous allons le voir par une revue sommaire des diverses opérations que comporte l'exploitation des mines. À côté des efforts ayant pour but de réduire les frais de production à leurs extrêmes limites, s'est manifestée une autre préoccupation caractéristique de l'époque contemporaine : je veux parler de l'appel fait à la science afin d'améliorer la condition du travailleur, de diminuer les dangers auxquels il est exposé, de réduire le risque professionnel, malheureusement si redoutable dans certaines mines. Cet aspect de l'industrie minière était un de ceux qui éveillaient le plus l'attention et l'intérêt du public lors des Expositions universelles de 1889 et de 1900.

2. *Sondages.* — Au premier rang des opérations minières se placent les *sondages* effectués pour reconnaître les gisements souterrains de substances minérales utiles. Quelques exemples suffiront à en faire apprécier le rôle et l'importance.

Depuis la découverte par M. Mulot des gisements houillers du Pas-de-Calais (1839), les sondages destinés à la recherche de la houille se sont multipliés non seulement dans cette région, mais encore dans d'autres, telles que le bassin de la Moselle. La science géologique est venue en aide au sondeur, pour lui indiquer le point exact où devait frapper son instrument; parmi les résultats industriels ainsi obtenus, on peut citer celui du sondage des mines de la Grand'-Combe (Gard), qui, il y a moins de vingt ans, enrichissait ces mines d'un faisceau de couches carbonifères jusqu'alors inconnu dans la concession et donnait une confirmation éclatante aux déductions tirées par MM. Zeiller et Grand'Eury de leurs études paléontologiques.

Un autre exemple remarquable est fourni par les nombreux sondages qui ont été pratiqués dans le département de Meurthe-et-Moselle en vue de la recherche du sel et de son exploitation au moyen de la dissolution.

Les sondages ont aussi très fréquemment pour objet la recherche des eaux jaillissantes, la création des puits dits *artésiens,* du nom de la province d'Artois où la pratique des forages s'était introduite longtemps avant qu'on songeât à l'étendre aux explorations minières.

À la découverte des eaux jaillissantes se rattache naturellement celle des eaux minérales. L'art de trouver et de capter ces eaux florissait déjà durant la période gallo-romaine, comme l'art de les conduire et de les distribuer; il a largement profité des emplois de la sonde. Dans cette voie, nous avons été précédés par l'Allemagne; on sait les sources thermales puissantes que les sondages y ont amenées au jour (Kreuznach, Œynhausen, Nauheim, Kissingen, etc.); cela n'empêche pas la France d'être aujourd'hui le pays le mieux doté.

Enfin la sonde joue un rôle prépondérant dans la recherche du pétrole au Caucase, en Pensylvanie, en Galicie.

C'est à ces divers besoins, toujours plus impérieux, qu'est dû le développement des appareils de sondage. Les progrès marquants de la fin du siècle résident dans l'appropriation des instruments et des méthodes à de plus grandes profondeurs ainsi que dans l'augmentation de rapidité du forage.

Le sondage à la corde continue à être employé aux États-Unis dans les régions pétrolifères. Il y rencontre des conditions assez favorables au point de vue de la composition et de l'inclinaison des couches. Pour en démontrer les avantages, une compagnie américaine a fait au bois de Vincennes, pendant l'Exposition de 1900, un forage qui est descendu, en 12 jours, à 274 mètres. Ses effets seraient vraisemblablement moins bons et des déviations se produiraient dans les trous, si la sonde avait à traverser des roches fissurées, des bancs à forte pente, etc.

Généralement, les grands sondages d'exploration minière ou de puits artésiens s'effectuent au moyen de sondes à tiges métalliques, creuses ou pleines, selon les cas. Le procédé du forage au diamant par rotation s'est, d'ailleurs, ajouté à celui du battage.

En ce qui concerne le procédé du battage, tantôt la tige et l'outil sont solidaires, tantôt la sonde est à chute libre. Cette dernière disposition a été engendrée par l'approfondissement des forages; le premier système de joint appliqué aux sondes à chute libre fut celui du joint à coulisse d'Œynhausen; depuis, les modèles de coulisses se sont multipliés et perfectionnés. Un fait récent et capital pour les appareils percuteurs à tige et outil solidaires est l'adoption du battage rapide,

réglable à volonté, avec injection d'eau système Fauvel; des dispositifs élastiques équilibrent à chaque instant le poids de la colonne; l'ouvrier règle sans peine la course et la vitesse suivant les roches à traverser; grâce aux injections d'eau, l'élimination des débris s'accomplit automatiquement, les pertes de temps inhérentes à l'emploi des cuillers sont évitées et le trépan agit toujours sur la roche nette. On réalise ainsi des avancements de 12 à 20 mètres dans les terrains ordinaires et de 8 à 10 mètres dans les terrains durs. Habituellement, les appareils sont combinés de manière à permettre de passer du battage rapide au battage à chute libre ou au forage par rotation.

Dès 1854, les inventeurs tentèrent d'utiliser le diamant dans le travail des roches dures. Les essais échouèrent longtemps par suite de difficultés tenant au prix du diamant et à l'imperfection de ses attaches sur les outils. Ces difficultés ont pu enfin être vaincues; on a réussi à employer le diamant noir ou le boort (diamant cristallisé) et à obtenir un sertissage convenable; bien que pouvant être fait à froid, le sertissage donne un serrage plus parfait à chaud; moyennant certaines précautions, le carbone et surtout le boort supportent sans altération la chaleur, pourvu que l'opération soit rapide. Dans les types actuels, l'avancement de la couronne et sa pression sont facilement réglés d'après la dureté de la roche, ce qui prévient les ruptures de la tige ou le bris des diamants. Outre l'avantage d'un travail rapide dans les bancs les plus durs, la sonde au diamant agissant par rotation offre celui de fournir des témoins cylindriques faciles à étudier, au lieu des débris souvent trop fins dus au trépan. Elle s'adapte aussi bien aux explorations à des profondeurs dépassant 1,000 mètres qu'aux recherches superficielles.

M. Michel Lévy, dans son introduction aux rapports du jury de 1900, cite un forage de 2,003 mètres exécuté à Paruschowitz (Haute-Silésie), au travers d'un terrain houiller, et achevé en 1895. Le maximum antérieurement atteint était de 1,748 mètres (sondage de Schladebach). De tels chiffres constituent le meilleur témoignage des progrès accomplis [1].

[1] Récemment, le sondage d'Olhain, au sud des concessions houillères du Pas-de-Calais, a été poussé jusqu'à 1,504 mètres.

Un des bienfaits de l'art du sondeur a été l'ouverture de forages artésiens dans le Sahara d'Algérie et notamment dans l'Oued Rir'. Entreprise par les ateliers militaires du colonel Desvaux en 1856, l'œuvre s'est vaillamment poursuivie. À partir de 1878, l'industrie privée y a consacré des ressources importantes. Certains puits ont pu débiter jusqu'à 6,000 litres en une minute. De superbes oasis artificielles sont ainsi nées dans des régions jadis désolées: la culture du dattier y a pris un magnifique développement et produit d'abondantes récoltes; en même temps, la distribution d'eaux pures et saines faisait disparaître l'ancienne insalubrité locale. Il est inutile d'insister sur les services rendus par la création de ces oasis pour l'accroissement de la richesse algérienne et la pacification du pays.

3. *Fonçage des puits.* — Les sondages ne se limitent plus aux petits diamètres. Transformé par les progrès des arts mécaniques, l'instrument, si simple et si modeste encore vers 1840, a pris les dimensions gigantesques qui lui permettent aujourd'hui de réaliser le forage de *puits* à grande section.

On sait tous les obstacles que présente la traversée des terrains aquifères. La solution a été longtemps demandée au cuvelage ordinaire en bois, en fonte ou en maçonnerie, exécuté par reprises successives dans toute la hauteur des couches perméables. Mais ce moyen, tel qu'il était appliqué, ne suffisait pas toujours à vaincre les difficultés; souvent aussi, il donnait lieu à des dépenses absolument excessives. Les ingénieurs ont dû chercher en conséquence de nouveaux procédés, d'une application plus générale et plus facile, avec lesquels le fonçage pût être pratiqué à niveau plein, ou du moins comme si on travaillait à niveau plein[1].

De nos jours, le système le plus ordinairement en usage est celui qui a été imaginé par Kind, puis perfectionné par Chaudron, inventeur d'un excellent cuvelage en fonte et de la boîte à mousse (1855-1857). Il consiste à foncer le puits comme un trou de sonde de grand diamètre, puis, lorsqu'on est arrivé au terrain pouvant

[1] On est à niveau plein, quand l'eau atteint la même hauteur à l'intérieur et autour du puits.

servir de base au cuvelage, à introduire celui-ci, en l'allongeant à mesure qu'il descend. Appliqué pour la première fois au puits de Péronnes (Belgique), le procédé Kind et Chaudron constitua l'une des attractions de la classe du matériel minier à l'Exposition de 1867[1].

Ce procédé laissait bien loin derrière lui les méthodes antérieures, telles que la méthode Triger à l'air comprimé, dont la première application avait été faite, en 1839, à un puits foncé dans une île de la Loire : le système Triger s'est, depuis, révélé comme un instrument d'une admirable fécondité pour les travaux du génie civil; mais, dans les mines, l'emploi en était limité aux terrains aquifères voisins de la surface. Une autre méthode, publiée en 1856 par Guibal et analogue en principe à celle du bouclier employé par Brunel pour le premier tunnel sous la Tamise, avait le défaut d'exiger des installations assez complexes; l'expérience a montré qu'elle était d'un usage difficile.

Le système à niveau plein de Chaudron a permis, au contraire, d'aborder des gisements qui, sans lui, n'eussent probablement jamais été mis en valeur; grâce à son emploi, le creusement des puits ne rencontre pour ainsi dire plus de difficultés insurmontables.

Toutefois il peut être tenu exceptionnellement en échec par les sables boulants, quand l'épaisseur de ces sables dépasse quelques mètres. Il y avait là une lacune qu'est venu combler un système plus récent. Sortant des sentiers battus, M. Poetsch a eu l'idée de congeler le terrain dans lequel le puits doit être foncé; des trous de sonde sont, à cet effet, pratiqués sur la périphérie du puits et garnis de tubes destinés à recevoir une solution saline à très basse température. La première application date de 1883; dès l'achèvement du puits de Jessenitz (Mecklembourg), percé à travers une couche aquifère de 75 mètres, le procédé si original de M. Poetsch avait sa place assurée dans l'exploitation normale des mines. Quelques succès éclatants ont confirmé depuis la valeur de ce procédé. Un exemple célèbre est celui du puits d'Auboué (Meurthe-et-Moselle), ouvert dans des calcaires durs et fissurés où circulait la nappe aquifère. Les déviations possibles des sondages sont à surveiller de près; une méthode ingénieuse et

[1] Les puits de l'Hôpital (Moselle), où il avait été employé, venaient de réussir au delà de toute espérance, quand fut ouverte l'Exposition de 1867.

sûre pour la mesure de ces déviations a été créée par la Société de fonçage de puits.

Les sondages fournissent aussi le moyen d'exécuter des travaux délicats à de grandes profondeurs, sans qu'il soit nécessaire d'y pénétrer. On peut citer, parmi les plus belles opérations de l'industrie minière, l'établissement par M. Reumeaux d'une plate-cuve en béton, au fond d'un puits de Lens qu'un coup d'eau rendait inaccessible : l'habile ingénieur fora suivant l'axe du puits un sondage dans lequel il introduisit les matériaux de la plate-cuve.

4. *Transmission de l'énergie.* — Avant de poursuivre la revue des divers travaux d'exploitation minière, il importe de s'arrêter quelques instants aux moyens mis en œuvre pour la *transmission de l'énergie* à distance. En effet, presque tous les services du fond et du jour exigent de la force motrice.

Jusqu'à une époque peu éloignée, les trois agents de transport dont disposaient les exploitants étaient la vapeur, l'eau sous pression et l'air comprimé.

La vapeur nécessite des distributions encombrantes et des moteurs pourvus d'accessoires volumineux. Elle entretient une chaleur humide nuisible à la conservation des guidages dans les puits et susceptible de provoquer dans les chambres des mouvements de terrains qui ne sont pas sans danger pour les maçonneries. Cette chaleur peut, en outre, gêner l'aérage. Les enveloppes calorifuges demandent un entretien onéreux et, malgré cet entretien, les condensations donnent lieu à des pertes importantes, surtout quand les conduites desservent des moteurs à marche intermittente.

Si les moteurs à eau sous pression offrent des avantages tels que l'élévation du rendement et, en certains cas, la faculté de fonctionnement dans des galeries ou puits inondés, la transmission hydraulique est délicate à établir, coûteuse, difficile à maintenir étanche, peu appropriée à la division et à la dispersion du travail; elle ne convient pas aux grandes distances.

Il y a vingt-cinq ans, l'air comprimé coûtait très cher et ne donnait qu'un rendement minime; aussi n'était-il guère employé qu'à la

perforation mécanique. Depuis, ses applications ont pris un essor considérable; outre la perforation, elles embrassent le bosseyement, le percement des galeries sans explosifs, la traction mécanique, l'extraction, l'épuisement sur les vallées ou dans les puits intérieurs, la remonte du remblai dans les chantiers d'exploitation, la mise en jeu des ventilateurs portatifs, etc. L'air comprimé distribue partout la force au grand avantage de la production et de l'hygiène. Grâce à lui s'est multiplié l'aérage complémentaire qui pénètre dans les moindres recoins de la mine pour en expulser le grisou. Dès 1889, l'évolution apparaissait manifeste et certaines mines possédaient des canalisations mesurant jusqu'à 40 kilomètres. Pendant les dix dernières années du siècle, le mouvement s'est accentué. Certes, le rendement reste faible; mais la transmission pneumatique s'impose pour les longues distances et sur les chantiers plus ou moins grisouteux. Les efforts des constructeurs en vue de l'amélioration du rendement se sont surtout orientés vers le perfectionnement des compresseurs. En 1889, les compresseurs humides dérivés du type à piston liquide de Sommeiller ou du type construit par Colladon pour le percement du Saint-Gothard conservaient sur le continent une vogue largement méritée; l'Angleterre et l'Amérique accordaient leur faveur aux compresseurs secs, dont les qualités dynamiques étaient moindres, mais qui coûtaient peu, occupaient une place restreinte et avaient une capacité productrice élevée par suite de leur très grande vitesse. Les dispositifs récents présentent deux caractéristiques : compoundage du moteur à vapeur et compoundage des cylindres à air; suppression de l'injection d'eau à l'intérieur des cylindres à air et remplacement de cette injection par une circulation d'eau froide dans des chambres entourant les parois ainsi que les têtes des cylindres. De la première modification résultent une économie de vapeur et une compression plus effective. Quant à la seconde, elle assure la siccité de l'air comprimé, évite les inconvénients dus à la purge de l'eau d'injection, prévient les dépôts minéraux dans les cylindres et les entraînements d'eau dans la tuyauterie; l'adjonction d'un réfrigérateur intermédiaire permet, d'ailleurs, de refroidir l'air échauffé par sa compression, dans le premier cylindre et de l'introduire, à une

température aussi basse que possible, dans le cylindre à haute pression.

Un quatrième agent de transport de la force, l'électricité, s'est introduit dans les mines, timidement d'abord, puis avec un peu plus de hardiesse. La première installation du genre date de 1880; elle fut établie à Blanzy. Pendant longtemps, on est resté dans la période des expériences et, pour en sortir, il a fallu l'éloignement de plus en plus accusé entre les chantiers et les générateurs d'énergie. La transmission électrique permet de concentrer la production de force dans une installation du jour et de distribuer facilement cette force à longue distance; elle fournit un bon rendement; les moteurs et les canalisations n'exigent que des espaces restreints; le service de l'éclairage peut être assuré en même temps que les autres. Ces avantages ont pour contre-partie les conditions peu favorables où la chaleur et l'humidité placent les appareils et les canalisations au point de vue de leur conservation, les dangers des étincelles et des courts-circuits pour les mines grisouteuses ou poussiéreuses, l'impossibilité du trolley et de l'éclairage électrique direct dans ces mines. La nécessité de pourvoir avant tout à la sécurité commande donc une extrême prudence. Des hésitations se sont manifestées sur le choix entre le courant continu et le courant alternatif ou polyphasé : le courant continu, plus simple à appliquer, convient moins aux grandes distances et exige des moteurs pouvant donner des étincelles dangereuses pour les milieux grisouteux; si les courants alternatifs ou polyphasés, et spécialement les courants triphasés, sont d'une application plus délicate, ils se prêtent aux transports lointains sans perte notable par l'emploi de hauts voltages et comportent des moteurs non seulement plus robustes, mais aussi dépourvus de collecteurs, dans lesquels il est possible de supprimer toute cause d'étincelles.

5. *Percement des galeries.* — Pendant une longue suite de siècles, le travail principal du mineur, l'*abatage* de la roche, est demeuré presque exclusivement manuel. Le remplacement de la force musculaire par celle d'un moteur inanimé et la répartition de cette force motrice entre une multitude de chantiers mobiles, souvent fort

éloignés les uns des autres, n'avaient fait l'objet d'aucune recherche sérieuse avant 1850. Toute l'attention des exploitants se portait sur les moyens d'améliorer l'utilisation de la force humaine, en munissant l'ouvrier d'outils plus puissants que les instruments simples d'alors : tel était le but des appareils Berrens et Trouillet, ainsi que de la machine à foret Lisbet, qui figuraient à l'Exposition de 1867.

C'est dans la section des mines de cette Exposition qu'apparurent les tentatives ayant pour but l'application d'une force motrice nouvelle (vapeur, eau ou air comprimé) au travail du chantier. On y voyait des *perforatrices mécaniques*, propres à creuser les trous de mine et fonctionnant soit par percussion, soit par rodage. La première perforatrice à percussion qui ait été pratiquement employée fut celle dont Sommeiller se servit dans les travaux du Mont-Cenis; ses éléments agissaient à la manière des fleurets et recevaient leur mouvement d'un moteur à air comprimé. M. de la Roche-Tolay exposait une perforatrice à rodage, mue par une machine rotative à colonne d'eau et fondée sur l'emploi de la bague à diamants, dont le principe était attribué à l'horloger suisse Leschot. À côté de ces outils, destinés au travail des roches dures qui s'attaquent par la poudre, se plaçaient les *haveuses mécaniques*, établies pour faire automatiquement le travail de la sous-cave ou du havage, dans les couches de charbon ou autres substances attaquables au pic : machine à air comprimé de Jones et Levick; machine mue par l'eau, dite *Iron man*, de Carrett, Marshall et Cie. La question du havage mécanique était tout à fait à l'ordre du jour en Angleterre, où la production des houillères augmentait annuellement de plusieurs millions de tonnes et où l'exploitant avait particulièrement à souffrir de la rareté des ouvriers et de leurs exigences croissantes. D'ailleurs, les gisements anglais de houille se prêtaient mieux que les gisements français ou belges à l'usage de ces moyens mécaniques.

En 1878, le grand nombre des perforatrices à air comprimé exposées au Champ de Mars témoignait de l'extension prise par la perforation mécanique. Les appareils à percussion semblaient tendre vers deux ou trois types bien définis, parmi lesquels la machine Dubois et François. On notait un développement nouveau dans l'appli-

cation des perforatrices à rodage (appareil Brandt). Les constructeurs paraissaient avoir renoncé à l'automatisation complète de leurs machines, par suite de la complication excessive qui en résultait pour les organes; dans la plupart des cas, l'avancement était produit à la main. Des efforts avaient été faits en vue de réduire le poids des appareils et de les rendre plus maniables; cette tendance se manifestait spécialement chez les constructeurs anglais, auxquels on devait plusieurs perforatrices légères et à grande vitesse, entre autres la perforatrice *Eclipse*. Quant au havage mécanique, il ne répondait pas, même en Angleterre, aux espérances conçues par l'industrie minière.

Lors de l'Exposition de 1889, les perforatrices mécaniques paraissaient s'immobiliser dans quelques modèles, au nombre desquels le système Dubois et François, plus ou moins modifié, gardait la prédominance en France et en Belgique. À côté de ce système bien connu, il existait de petites perforatrices très répandues dans les mines américaines et donnant, sinon la même rapidité d'avancement, du moins un travail plus économique; les machines de l'espèce, dont la perforatrice Ingersoll-Sergeant présentait l'une des formes les plus perfectionnées, commençaient à pénétrer dans les mines européennes. Le havage mécanique avait peu progressé en Angleterre depuis 1866, époque des débuts de l'Iron man dans les houillères du Yorkshire; en France, grâce à l'initiative de Blanzy, il venait d'être appliqué à l'exploitation des couches puissantes, et les résultats obtenus permettaient d'en espérer la généralisation pour les attaques par tranches horizontales, que les exploitants du Centre tendaient de plus en plus à adopter, au grand profit de l'économie et de la sécurité du travail. Diverses sociétés houillères (Marihaye, Blanzy) employaient des *bosseyeuses* ou perforatrices à air comprimé de très gros calibre, pour supprimer l'usage de la poudre dans l'agrandissement des galeries en veines et même dans le percement de certaines galeries à travers bancs, où la présence du grisou rendait dangereux les explosifs. Si les bosseyeuses ne s'étaient pas propagées davantage à cause des installations coûteuses d'air comprimé qu'elles exigeaient, la sécurité dans les bosseyements avait du moins profité de l'emploi

des perforatrices à rodage et à bras, ainsi que des aiguilles-coins; la plupart des houillères exposantes affirmaient les services rendus par ces appareils, plus ou moins dérivés de la perforatrice Lisbet, dont la Société des mines de Liévin se servait depuis une vingtaine d'années.

Aujourd'hui, les perforatrices à main sont très perfectionnées au point de vue du poids, de la marche et du rendement. Elles travaillent par rotation. Un dispositif (frein ou organe élastique) règle d'une manière automatique l'avancement selon la dureté des roches traversées.

Les perforatrices mécaniques se rattachent à des types multiples et sont mues par l'air comprimé ou par l'électricité. C'est presque toujours le système de la percussion qui est adopté pour les perforatrices à air comprimé; leur distribution se fait au moyen d'un cylindre équilibré, d'une soupape guidée ou d'une combinaison de l'un et de l'autre; elles ont gagné en simplicité et en légèreté. Primitivement, les perforatrices électriques étaient à rotation; le mouvement de va-et-vient nécessaire à la percussion a été obtenu, d'abord par l'emploi de solénoïdes, puis par celui de moteurs électriques dont la rotation se transforme, à l'aide d'une liaison élastique, en mouvement rectiligne alternatif. Une innovation importante dans la perforation mécanique est l'injection d'eau, système Fauvel, pour les appareils à percussion; cette innovation assure l'enlèvement automatique et immédiat des détritus, évite l'encrassement de l'outil, double le travail, dégage l'atmosphère des poussières et améliore la condition de l'ouvrier.

Très répandues en Amérique, les haveuses ont moins bien réussi en France où les couches offrent une allure moins favorable. Lorsque le toit est bon, lorsque les couches sont homogènes, épaisses, dures et relativement peu inclinées, on met en œuvre des machines à chaîne coupante ou à roues, mues par l'air comprimé ou l'électricité; l'encombrement de ces engins a été réduit au minimum. Malheureusement, dans beaucoup de cas, la présence d'impuretés, rognons de pyrite ou de carbonate de fer, provoque la rupture des couteaux ou de la roue; il faut alors recourir à des haveuses percutantes, dont le fleuret traverse ou tourne les rognons. Les haveuses à percussion ayant un travail moins rapide que les haveuses à couteaux, des essais ont

été entrepris, sans grand succès d'ailleurs, avec une haveuse à faux.

À propos du matériel et des procédés spéciaux au génie civil, j'ai déjà mentionné le débitage des pierres par le fil hélicoïdal ou la scie diamantée. Les perfectionnements apportés au fil hélicoïdal en Italie permettent de l'utiliser dans les carrières pour entailler les bancs de roche en place.

Sans traiter ici la question des explosifs qui a déjà été abordée et sera reprise avec plus de détails dans un autre chapitre, il importe cependant d'en dire quelques mots au point de vue spécial de l'exploitation des mines.

La réglementation fondamentale des explosifs dans l'industrie minière date d'une circulaire ministérielle du 19 novembre 1888, rédigée à la suite des travaux remarquables de la Commission du grisou, travaux auxquels Mallard et Le Chatelier prirent une très large part. Cette circulaire indiquait les mélanges d'azotate d'ammoniaque et de dynamite ou de dérivés nitrés assurant une sécurité sinon absolue, du moins beaucoup plus satisfaisante que la dynamite; elle signalait en outre les dangers des mèches de sûreté. Une circulaire nouvelle de 1890, complétant celle de 1888, spécifiait les conditions requises des explosifs pour leur emploi dans les mines grisouteuses : absence d'éléments combustibles (hydrogène, oxyde de carbone, carbone, etc.) dans les gaz provenant de l'explosion; limitation de la température de détonation à 1,500 ou 1,900 degrés suivant les cas. Les explosifs de sûreté devenaient obligatoires dès que les mines étaient grisouteuses ou poussiéreuses. Aussitôt après la mise en application des principes qui avaient inspiré les circulaires de 1888 et de 1890, le nombre des accidents de grisou imputables aux explosifs a subi une diminution remarquable. La fabrication des explosifs de sûreté s'est considérablement développée; on peut citer en France les explosifs Favier, les grisoutines et le coton octonitrique, à base d'azotate d'ammoniaque.

Malgré les perfectionnements apportés aux mèches de sûreté (combustion intérieure à l'abri de l'atmosphère de la mine, emploi d'allu-

meurs de sûreté), l'usage des exploseurs et amorces électriques se généralise de plus en plus, en raison de leur facilité d'emploi et de leur sécurité.

Parmi les explosifs récents figurent les cheddites ou explosifs Street, fondés sur la propriété des huiles végétales ou animales de dissoudre à chaud des dérivés nitrés qui peuvent alors être mis sans danger en contact avec des chlorates.

6. *Aérage.* — En 1869, un ingénieur belge, M. Harzé, déplorant le défaut de soin que ses compatriotes mettaient à la ventilation des mines non grisouteuses, n'hésitait pas à exprimer le désir de voir se multiplier les exploitations à grisou, si la perfection de l'*aérage* devait en être le prix. Jamais, notre industrie minière n'a donné lieu à de telles constatations. Bien plus, c'est aux expériences et aux calculs des ingénieurs français, Combes, Murgue, etc., que l'aérage de nos mines doit son renom universel.

Les procédés d'aérage appliqués aux travaux souterrains ne datent pas de ce siècle. Dès 1760, Spedding avait posé le principe de la subdivision du courant d'air. Avant lui, Fysen (1696) rapportait que les ouvriers chassaient à coups de bâton les gaz délétères. Sans insister sur les coutumes de ce genre, déjà mentionnées par Pline, je rappellerai qu'on a successivement eu recours à des foyers d'aérage, puis à des ventilateurs pour produire un courant d'air artificiel. Depuis le milieu du siècle, les machines se sont propagées en Belgique et en France, restreignant de plus en plus l'usage des foyers, qui est si peu efficace et si dangereux quand ont lieu des venues puissantes de grisou. Le même mouvement commençait, lors de l'Exposition de 1867, à se manifester en Angleterre, où l'emploi presque exclusif des foyers avait pu se maintenir, eu égard à la grande section des puits ou galeries.

Toutes les machines aspirantes ou soufflantes sont en principe susceptibles de servir à la ventilation, pourvu qu'elles fassent circuler un volume d'air suffisant. Mais, par suite des conditions spéciales aux mines, les machines pratiquement utilisées se ramènent à un petit nombre de types. Les ventilateurs à force centrifuge jouissent aujourd'hui d'une faveur à peu près universelle.

Des discussions se sont instituées sur le choix entre l'aérage soufflant et l'aérage aspirant. Les avantages prédominants de l'aérage par aspiration et la difficulté de réaliser l'aérage soufflant par le puits d'extraction ont conduit à donner la préférence au premier, qui, actuellement, se rencontre dans la plupart des houillères.

Les ingénieurs ont aussi débattu longuement la question du volume d'air à faire circuler dans la mine, au point de vue de la lutte contre le grisou. Certains d'entre eux combattaient un aérage trop vif, capable, à leur avis, de véhiculer rapidement le grisou, d'étendre ainsi les coups de feu, de soulever les poussières et de créer, par suite, des atmosphères dangereuses. Néanmoins l'aérage intensif a prévalu et les faits d'expérience, notamment les heureux résultats des prescriptions administratives dans le bassin de Saint-Étienne, l'ont définitivement consacré; il noie les gaz dès leur apparition; un arrosage soigné des galeries et des tailles permet, d'ailleurs, de lutter, quand il y a lieu, contre les poussières.

Vers la fin du siècle, les ventilateurs ont reçu beaucoup de perfectionnements. Au ventilateur Guibal se sont ajoutés d'autres appareils remarquables, tels que le ventilateur centrifuge Rateau et le ventilateur diamétral Mortier.

Dans les mines françaises, la ventilation générale est complétée par des ventilateurs de petit calibre, produisant un aérage local et complémentaire. Ces appareils auxiliaires sont souvent actionnés par des moyens mécaniques : on est ainsi prémuni contre les négligences que pourrait subir le service des ventilateurs à bras.

Les procédés de contrôle de la ventilation ont été systématisés, particulièrement dans nos mines grisouteuses. Plusieurs fois par mois, les courants d'air font l'objet d'un jaugeage sur les différents points de l'exploitation, et le résultat des opérations est consigné sur des plans dits d'aérage.

Des appareils maintenant classiques servent au dosage du grisou. Tels la burette ou le grisoumètre de M. Le Chatelier, qui fournissent un dosage exact sur échantillon prélevé dans la mine; telle encore la lampe grisoumétrique Chesneau, donnant sur place un dosage immédiat, approché au millième. Récemment, un ingénieur des mines,

IMPRIMERIE NATIONALE.

M. Léon, a établi un indicateur électrique très précis, basé sur la différence de conductibilité des fils de platine portés au rouge dans l'air pur et dans une atmosphère grisouteuse; cet indicateur se prête à un enregistrement continu et aux signaux à distance.

7. *Éclairage.* — Le mode usuel d'*éclairage* dans les mines métalliques est encore l'éclairage au moyen de lampes ouvertes; il y a peu de progrès à signaler sous ce rapport, le type primitif des lampes minières présentant avec la lampe antique une analogie frappante. Mais les exploitations de houille ou, plus exactement, les mines grisouteuses n'admettent pas la lampe à feu nu, et Davy a rendu aux mineurs un inappréciable service en lui substituant la lampe dite de sûreté, dont la flamme est entourée d'un réseau métallique à mailles serrées.

Cependant la lampe de Davy éclairait assez mal et n'offrait pas une sécurité absolue. Upton et Roberts, Clanny, Mueseler, etc., s'efforcèrent de remédier au défaut de lumière et au danger des courants d'air extérieurs ou d'un échauffement excessif du tamis. Ce fut la lampe Mueseler qui passa le plus largement dans la pratique, notamment autour de Liège. Puis la lampe Marsaut vint rivaliser avec elle et recueillit les préférences des pays où les exploitants étaient libres de choisir le mode d'éclairage qui leur paraissait donner le maximum de garanties. Il est juste de citer aussi la lampe Fumat, qui, au lieu de recevoir l'air par le haut comme les lampes Mueseler et Marsaut, le reçoit par le bas, disposition favorable au point de vue de l'éclairage et de la résistance à l'extinction; cette lampe brûle d'ailleurs le grisou, au fur et à mesure de son introduction, sans qu'un volume détonant puisse se former; sa sensibilité au grisou en fait un véritable grisoumètre pour les personnes habituées à son maniement.

De nouveaux efforts ont été faits pour perfectionner les lampes Mueseler et Marsaut, pour trouver un type léger, éclairant bien, absolument protégé contre les tentatives d'ouverture de la part des ouvriers imprudents et contre les erreurs dans le montage à l'allumage. La benzine et l'essence légère de pétrole ont fourni le moyen d'obtenir

une flamme brillante, sans encrasser les toiles ou enfumer les verres; cette flamme est d'ailleurs sensible au grisou. Des fermetures de sûreté, soit à rivet de plomb, soit à enclenchement magnétique, permettent le vissage rapide de la lampe, mais empêchent le mouvement inverse. Il existe divers modèles de rallumeurs : les uns, automatiques, se trouvent dans la lampe et fonctionnent par la déflagration de capsules détonantes adaptées à un ruban qui est enroulé sur lui-même et fixé près de la mèche; les autres sont des rallumeurs électriques et nécessitent l'installation de postes spéciaux à l'intérieur de la mine. La lampe Wolf et celle des mines de Lens peuvent être regardées comme très satisfaisantes.

L'éclairage électrique portatif a également provoqué des recherches actives. Jusqu'ici, la difficulté est de réunir la légèreté à une durée suffisante d'éclairage régulier (10 ou 12 heures) : en effet, les éléments d'accumulateurs indispensables ont un poids élevé. L'Exposition de 1900 montrait des types acceptables, ouvrant la voie dans laquelle le progrès des accumulateurs pourra conduire au succès. Ces modèles étaient disposés de telle sorte que l'électrolyte, renfermé dans une boite hermétique, ne pût jamais s'échapper; la lampe, munie d'un réflecteur, avait une protection très sûre.

8. *Transport des produits à l'intérieur de la mine.* — Dans l'antiquité, le *transport intérieur des produits de la mine,* depuis le chantier jusqu'au jour, se faisait quelquefois au moyen d'une file d'ouvriers qui se passaient le minerai de main en main, et, pour ainsi dire, morceau par morceau. Le portage à dos, le traînage sur le sol des galeries et le transport à la brouette furent déjà des procédés relativement perfectionnés : on les voit encore en usage aujourd'hui. Mais, dans toutes les mines un peu étendues, il a fallu recourir aux chemins de fer[1], combinés avec des plans automoteurs pour racheter les différences de niveau des divers étages. Un moyen exceptionnel, spécial au cas du transport à niveau, consiste à se servir d'embarcations circulant sur des rigoles navigables : indiqué au XVIIIe siècle par l'ingénieur Bradley

[1] Il y a près de trois siècles, les mines de houille de Newcastle-sur-Tyne étaient déjà pourvues de chemins à rails en bois. Les premiers rails en fonte datent de 1770.

et appliqué pour la première fois près de Manchester, dans les mines de Worsley, ce système n'a pu prendre beaucoup d'extension.

L'emploi des chemins de fer à l'intérieur des mines a réduit les frais de transport dans une énorme proportion et permis, dès lors, d'augmenter les distances, c'est-à-dire l'étendue du champ d'exploitation de la mine et sa puissance de production.

Au début, les voies ferrées ont été exclusivement desservies par des hommes, ou par des chevaux lorsque la section des galeries le permettait et que les transports étaient longs.

En même temps qu'on reconnaissait les avantages considérables des transports sur rails comparés aux transports sur le sol naturel des galeries, on constatait aussi la nécessité, au point de vue de l'effet utile, non seulement de maintenir la voie en bon état d'entretien, mais aussi d'en améliorer le tracé et le profil en long. Les rampes durent être adoucies, et, comme il n'était plus possible, avec des voies presque de niveau, d'atteindre sans développement excessif tous les chantiers d'une couche inclinée, le complément naturel des chemins de fer sur niveau fut l'établissement de plans inclinés, sur lesquels les agents ordinaires de traction devenaient insuffisants.

Souvent, on utilisa l'action de la gravité pour remonter les wagons vides et descendre les wagons pleins sur des plans automoteurs, en tête desquels se trouvait le mécanisme recevant les câbles de remorque; Bourdaloue imagina, en 1845, les plans bisautomoteurs, qui remontent les wagons vides à un niveau dépassant celui d'où descendent les wagons pleins.

Il peut arriver que le quartier à desservir soit en contre-bas de la recette inférieure. Dans ce cas, le transport en remonte sur le plan incliné (qui prend alors le nom de vallée) ne saurait plus se faire qu'à l'aide d'un moteur fixe. Au lieu d'utiliser le travail de la gravité sur les wagons pleins, le mécanisme portant les câbles de remorque doit, au contraire, recevoir l'action d'un moteur ayant à surmonter comme résistance principale le poids de ces wagons diminué de celui des véhicules vides. Primitivement, ce moteur consistait en un treuil installé au sommet du plan et mû à bras d'homme, ou en un manège actionné par un cheval. Puis l'accroissement de la production con-

duisit à remplacer les moteurs animés par des moteurs inanimés, machines hydrauliques ou machines à vapeur.

L'installation de moyens mécaniques à l'intérieur des mines pour desservir les vallées devait assez naturellement amener les ingénieurs à en étendre l'action aux transports sur niveau, lorsque les quantités à transporter étaient considérables, les distances longues et les terrains propres à donner aux voies de fer une stabilité suffisante. Une fois réalisé, l'établissement de la traction par câble à l'intérieur de la mine permit d'augmenter encore l'activité de la production et de donner une nouvelle extension au champ des travaux.

C'est surtout dans les grandes mines du centre et du nord de l'Angleterre que ces transports mécaniques par machines fixes ont pu se généraliser rapidement, grâce à l'allure favorable des couches. Ils y étaient déjà fort développés en 1867, alors que, sur le continent, les mines de Saarbrück en offraient seules un exemple. Depuis, l'essor des exploitations a déterminé à les appliquer au roulage souterrain dans des conditions plus difficiles qu'en Angleterre, eu égard à l'irrégularité des couches et à la moindre section des galeries.

Voici un demi-siècle que l'Angleterre n'hésite plus à installer dans l'intérieur de la mine des machines à vapeur spéciales actionnant soit les cordes-queue, soit les câbles ou chaînes sans fin. Mais, dans les mines grisouteuses, les générateurs de vapeur ne pouvaient sans inconvénient, ni même sans danger, être établis souterrainement : en ce cas, on a pris le parti de ne maintenir au fond que le moteur et de l'alimenter par des chaudières placées au jour. Fréquemment aussi, dans le but d'éviter les vices inhérents aux longues conduites de vapeur, on a préféré mettre le moteur au jour, à portée de son générateur, et transmettre la force par des câbles sans fin, par l'eau sous pression, par l'air comprimé ou par l'électricité, à des récepteurs disposés dans la mine. L'emploi de l'air comprimé surtout, adopté dès avant 1867 par la Compagnie de Sars-Longchamp (Belgique) et par celle des charbonnages belges, s'est largement répandu pour ce genre de transmissions.

En 1878, on pouvait constater le développement des transports mécaniques dans certaines régions où ils étaient presque inconnus

auparavant. Le système des machines fixes commençait même à ne plus suffire, et plusieurs exploitants reprenaient le problème des transports intérieurs par locomotives. À cet égard, l'Exposition de 1878 présentait quelques applications remarquables de l'air comprimé, dont la première remontait au percement du Saint-Gothard; elle démontrait aussi la possibilité de faire usage des locomotives à vapeur, même dans des galeries de section relativement faible.

Depuis lors, les transports mécaniques ont encore progressé. C'est ainsi que l'Amérique du Nord a créé un excellent type de locomotive électrique avec prise de courant par trolley, type qui, d'ailleurs, ne saurait être introduit dans les mines grisouteuses. Les progrès se sont principalement accusés pour les transports mécaniques à la surface, transports sur le sol ou parfois transports aériens; la chaîne flottante et les plans automatiques ont permis de résoudre heureusement, dans les pays accidentés, la question du transport des produits d'une exploitation vers des points éloignés ou celle de la concentration des produits de plusieurs exploitations en un point unique: tel est le cas dans le Lancashire et aux mines de Sommorostro (Espagne).

La substitution du métal au bois et de l'acier au fer dans la structure du matériel n'a cessé de se poursuivre. Maintenant, les voies de nombreuses mines ont des traverses métalliques, dont les types rationnels datent de quarante ans environ. Le remplacement des wagonnets en bois par des wagonnets métalliques est entrepris depuis plus longtemps encore, puisque la Compagnie d'Anzin l'opérait dès 1848; en 1884 sont apparues, dans les houillères du Nord et du Pas-de-Calais, les premières berlines en acier. Il n'est pas jusqu'aux pièces de soutènement des galeries (rappelons-le en passant), pour lesquelles la même tendance au remplacement du bois par le fer et l'acier ne se soit manifestée.

Tous ces progrès se traduisent, en fin de compte, par l'accroissement de productivité des sièges d'exploitation et par la diminution du prix de revient.

9. *Extraction des produits.* — L'évolution consistant à remplacer la force de l'homme par d'autres forces naturelles, pour l'*extraction* des

matières exploitées, était accomplie dès les premières années de la seconde moitié du siècle. Aujourd'hui, l'extraction au moyen de treuils à bras n'est plus qu'un souvenir du passé, sauf dans les exploitations sans importance et d'un caractère en quelque sorte éphémère. L'emploi des chevaux lui-même, plus économique que celui des hommes, a dû céder la place à l'emploi plus économique encore des moteurs hydrauliques, quand les circonstances s'y prêtaient, et généralement des moteurs à vapeur.

Ces derniers ont, d'ailleurs, subi de profondes transformations, et il n'y a presque plus rien de commun entre l'installation primitive, utilisée avant 1840 dans le Nord et dans la Loire pour sortir quelques centaines ou un millier d'hectolitres de houille par jour, et celles dont sont maintenant pourvues les exploitations bien outillées des mêmes régions; quoique la profondeur des puits ait notablement augmenté, on leur demande une production triple ou quadruple, et parfois bien davantage.

Vers 1867, les appareils d'extraction ordinairement employés dans les houillères, tant françaises que belges, étaient des machines à deux cylindres conjugués, à haute pression, à faible détente et sans condensation. L'attaque directe de l'arbre des bobines par la manivelle, appliquée pour la première fois en Belgique par Marcellis (1847), avait prévalu avec l'accroissement des vitesses d'extraction. À peine est-il besoin de faire remarquer que les machines d'alors péchaient au point de vue essentiel de la dépense de combustible.

Comme l'approfondissement des puits augmentait notablement les frais d'extraction des produits, l'attention se porta vers les économies de combustible, auxquelles les exploitants de charbonnages n'avaient guère songé jusque-là. On dut recourir aux moteurs à détente, et, dès 1878, on n'installa plus qu'exceptionnellement des machines à pleine pression. Après avoir admis timidement la détente fixe, les ingénieurs se rendirent compte des avantages de la détente variable pour l'équilibre des machines; en 1878, ils étaient arrivés dans plusieurs installations à ne plus rechercher cet équilibre autrement que par la variation de la détente.

Lors de l'Exposition de 1889, les tâtonnements avaient cessé, et le

type de la machine d'extraction, pour les grandes profondeurs, semblait désormais fixé : c'était la machine horizontale à deux cylindres, avec détente variable par le régulateur, datant à peine de la précédente Exposition.

Cependant les études ont continué pendant la dernière période décennale. Une machine exposée en 1900 par la Société des mines d'Anzin inaugurait les applications du compoundage aux moteurs d'extraction.

Parmi les tendances modernes, l'une des plus caractéristiques a été de grouper l'extraction en un nombre minimum de sièges et d'accroître, par suite, la puissance des installations.

Un autre fait à noter est le développement considérable qu'ont pris l'usage des treuils à air comprimé, comme appareils d'extraction souterrains, et leur emploi à la remonte des remblais dans les couches qui ne donnent pas assez de pierres. La production de la vapeur au fond de la mine se heurte à de telles difficultés, qu'on n'y a recours, sur le continent, que dans des conditions spéciales; les conduites de vapeur venant de la surface présentent également de graves inconvénients. Au contraire, l'air comprimé offre une solution simple et facile; le système Woolf et le système compound permettent, d'ailleurs, de l'utiliser à détente complète.

Récemment, les treuils électriques sont entrés en lutte avec les treuils à air comprimé. Ils avaient une représentation brillante à l'Exposition de 1900.

Les causes qui amenaient la transformation des machines d'extraction ont aussi conduit à modifier les autres parties de l'outillage, les câbles, les bennes, les dispositions accessoires.

Il est manifeste que l'accroissement de la profondeur des puits donnait une importance capitale à la question des câbles. Les câbles métalliques, dont la fabrication et l'emploi paraissent avoir pris naissance en Allemagne et s'être introduits en Angleterre vers 1835 ou 1840, ont sur les câbles végétaux l'avantage indiscutable de la légèreté. Malgré la tendance générale à adopter l'acier, comme la matière la plus légère pour une même résistance, certains ingénieurs persistent à se servir des câbles en aloès.

Les câbles ordinaires doivent avoir une force d'autant plus grande que les puits sont plus profonds. À la fois plus gros et plus longs, ils se surchargent par leur propre poids, tout en créant une irrégularité croissante dans la résistance que doit vaincre la machine. On a imaginé, pour les grandes profondeurs, des câbles «diminués», dont la section diminue du sommet à la base; ces câbles permettent d'augmenter sensiblement la profondeur accessible dans les puits d'extraction. Ils ne peuvent être enroulés que sur des tambours cylindriques ou coniques. Les tambours cylindriques sont simples et donnent un bras de levier constant pour l'enlèvement de la charge, mais nécessitent un système d'équilibrage des câbles, régularisant le travail de la machine; ils ont en outre le défaut de provoquer l'obliquité du câble entre le tambour et la poulie-molette, par rapport au plan d'enroulement sur le cylindre et à celui de la molette : M. Morgans est l'auteur d'un dispositif de déplacement du tambour parallèlement à son axe, qui maintient constamment le câble dans le plan de la poulie-molette. D'une construction moins facile, les tambours coniques remédient en partie à l'augmentation de la charge lors du déroulement, par la variation du bras de levier; ils présentent une gorge hélicoïdale.

Des dispositions très variées ont été mises en pratique pour prendre le minerai arrivant à l'accrochage, l'élever au jour et le déposer au bord du puits. Originairement, les bennes ou cuffats n'étaient pas guidés dans le puits; la vitesse d'ascension restait limitée à 1 mètre par seconde et descendait quelquefois à 0 m. 60. Un grand progrès fut réalisé, du jour où on prit des mesures afin de guider les bennes, d'éviter ainsi leurs dégradations et celles des parois du puits, de prévenir par surcroît les dangers de rencontre, et surtout afin d'accroître la vitesse d'ascension. Le guidage, dont la nécessité devient plus impérieuse quand les centres d'extraction augmentent de profondeur, se concentrent et sont appelés à un service plus intensif, peut être assuré de différentes manières. Un système recommandable est celui des guides rigides et des cages à un ou plusieurs étages, recevant plusieurs wagons à la fois et permettant de faire arriver très rapidement au jour les produits du chantier sans aucun transbordement.

Les effets de tassement des puits peuvent, s'il y a lieu, être compensés par un guidage en longrines éclissées.

L'importance du service de l'extraction dans les mines exige que ce service ait une marche non seulement économique, mais encore très régulière: quelques heures de chômage suffisent, en effet, à jeter la perturbation dans les ateliers et à occasionner des pertes sensibles. Aussi les exploitants se sont-ils grandement préoccupés de tout ce qui paraissait de nature à prévenir les intermittences si fâcheuses dans la production. Divers moyens ont été proposés et employés pour rendre le mécanicien entièrement maître de sa machine, pour lui permettre à tout instant d'en régler la vitesse et de l'arrêter, pour maintenir l'enroulement régulier des câbles. Il convient de signaler particulièrement les évite-molettes qui limitent automatiquement la vitesse à proximité de la recette supérieure, qui bloquent le frein lorsque la cage dépasse cette recette d'une hauteur donnée et qui empêchent ainsi cette cage de monter jusqu'aux poulies.

Des accidents graves peuvent résulter de la rupture du câble, notamment quand la cage porte des hommes. On a cherché à s'y soustraire ou à en atténuer les effets au moyen de parachutes. Ces appareils, dont l'usage commençait à se propager en Angleterre lors de l'Exposition universelle de 1851 à Londres et dont se servait à la même époque l'administration des mines de Decize, sont aujourd'hui fort répandus et se rattachent à des types très multiples; ils agissent sur les faces des guides, soit par friction, soit par pénétration.

Pour augmenter le rendement de l'extraction, on s'est efforcé de réduire au minimum la durée de l'encagement et du décagement des berlines, en rendant ces manœuvres automatiques. Des modèles d'installations de ce genre ont été créés à Anzin et à Dourges.

Toutes les recettes des puits sont pourvues d'appareils de sécurité, barrières, taquets, signaux, etc., qui, en général, fonctionnent automatiquement. Les chutes du personnel et du matériel ne surviennent plus que très rarement.

Le matériel moderne d'extraction est le plus souvent construit en vue des grandes profondeurs. Avec cette tendance, les installations devaient nécessairement subir des transformations analogues à celles

du matériel fixe et du matériel roulant des transports souterrains. Depuis plus de trente ans, le métal se substitue, dans la construction des châssis de molettes, au bois dont les avantages en ce qui concerne la dépense s'atténuent à mesure que l'extraction devient plus active. L'emploi de l'acier, pour les cages, est, sur le continent, un progrès qui date de 1867. Enfin les guidages en acier sont souvent adoptés dans les aménagements modernes; cependant les guidages en bois leur restent supérieurs pour les puits à retour d'air et pour ceux où la déconsolidation des terrains provoque des mouvements.

10. *Circulation des ouvriers.* — Une conséquence intéressante de l'approfondissement des puits a été l'abandon des échelles qui servaient à la *descente* et à la *montée des ouvriers :* en effet, le temps et la force dépensés pendant ce pénible trajet réduisaient d'autant le travail utile susceptible d'être demandé au mineur, dont la santé s'altérait, d'ailleurs, rapidement sous l'influence des excès d'effort musculaire. Au delà d'une certaine profondeur, les moyens mécaniques s'imposent aussi impérieusement pour le transport des hommes que pour l'extraction.

Il n'était pas besoin d'être grand clerc pour penser à faire usage de la machine d'extraction elle-même, sans établir aucun appareil spécial. Néanmoins ce système, en apparence si simple, rencontra de vives résistances; longtemps encore après la généralisation des bennes et des cuffats, le privilège de descendre ou de monter par le câble d'extraction demeurait ordinairement réservé aux maîtres mineurs, aux chefs de poste et à quelques ouvriers spéciaux.

Cependant la raison et l'humanité finirent par avoir le dessus. Ce qui n'était qu'un privilège devint le droit commun. Les ouvriers furent tous autorisés soit à profiter des bennes, soit, comme dans plusieurs districts miniers, notamment en Angleterre, à descendre et à monter accrochés au câble par des chaînes, en forme de grappes humaines.

Le système des cages guidées est venu procurer aux ouvriers toutes les facilités voulues, tous les avantages désirables de rapidité et de sécurité. Si le perfectionnement des appareils d'extraction a puissamment aidé l'industrie minière en augmentant la productivité des ex-

ploitations, il ne lui a pas été moins utile en permettant d'introduire sans fatigue dans la mine le personnel nécessaire à un travail plus intense et de réduire dans une très forte proportion le nombre des accidents.

Bien que le transport des ouvriers par câble soit maintenant la règle, cette pratique comporte des exceptions. La descente et la remonte des ouvriers à la fin de chaque poste sont des opérations assez longues; leur durée croît nécessairement avec l'importance numérique du personnel, comme avec la profondeur du puits. D'un autre côté, l'installation des puissants moyens d'extraction qui se prêtent à ce mode de transport ne serait point rationnelle dans les mines à production limitée; elle devient même impossible quand l'extraction doit se faire par des plans inclinés: tel est assez fréquemment le cas des filons métalliques, dont l'exploitation se poursuit cependant à de grandes profondeurs et qui, à ce titre, appellent des moyens mécaniques pour la circulation des ouvriers. On a imaginé, afin d'y pourvoir, les échelles mécaniques, désignées en Allemagne sous le nom de *Fahrkunste* et disposées de manière à placer l'homme dans les mêmes conditions que s'il cheminait sur un plan horizontal; le premier appareil de ce genre fut installé au Harz, vers 1830, sous l'inspiration d'Albert, à qui est due aussi l'introduction des câbles en fil de fer; quelques années plus tard, des échelles analogues étaient établies dans les mines de Cornouailles; puis le système s'étendit à d'autres districts métallifères et à des bassins houillers. La puissance des Fahrkunste a été augmentée; il en est de même de la sécurité qu'elles offrent aux ouvriers. En France et en Belgique, les appareils modifiés dans ce but sont habituellement dénommés *warocquères,* parce que le mérite de leur invention appartient à Warocqué (mines de Mariemont, 1845). L'emploi des Fahrkunste est devenu exceptionnel dans les mines de houille.

Certains exploitants soucieux d'éviter à leur personnel la fatigue des longs parcours souterrains les transportent en wagon sur les voies de service, notamment sur celles des plans inclinés.

11. *Épuisements.* — Les appareils d'*épuisement* excluent, plus encore peut-être que les appareils d'extraction, l'usage des moteurs

animés; car le poids de l'eau à extraire journellement est dans beaucoup de cas égal ou même notablement supérieur à celui du minerai.

À l'origine, les moteurs inanimés dont on se servait pour l'assèchement des mines consistaient surtout en roues hydrauliques. Le mouvement de ces roues se transmettait, au moyen de bielles, de tirants et de varlets, à la maîtresse tige des pompes placées sur le puits d'exhaure; tantôt la maîtresse tige était unique, tantôt elle se décomposait en deux tiges équilibrées, suivant la disposition longtemps classique en Angleterre et en Allemagne. Parfois, les exploitants employaient, au lieu de roues hydrauliques, des machines à colonne d'eau, de préférence à simple effet.

Plus tard sont apparues les machines à vapeur, à simple effet, fonctionnant dans les mêmes conditions que les machines analogues à colonne d'eau. C'est à ce type que se rapportent les machines dites *de Cornouailles*, renommées pour leur faible dépense de combustible et restées pendant longtemps, de ce fait, en possession d'une suprématie presque absolue.

Tandis que les machines à balancier étaient préférées en Angleterre, on utilisait sur le continent des machines à traction directe et sans détente, auxquelles leur simplicité et l'économie de leur installation avaient assuré, dès 1837, une vogue persistante. Pour les épuisements considérables, la dépense de charbon, avec ces dernières machines, pesait lourdement sur l'exploitation; on reconnut la nécessité de réduire la consommation par l'usage de la détente, appliquée depuis de longues années aux machines de Cornouailles. Le système Woolf fut adapté, pour la première fois, en 1859, aux machines à traction directe. En 1864, Ehrhardt commença à construire dans la Westphalie des moteurs à double effet.

Ces perfectionnements marquèrent la transition vers un progrès plus important, l'emploi d'un moteur rotatif pour les grands épuisements. Le succès de ce moteur s'affirma à partir de 1867, en raison des vitesses jusqu'alors inusitées et des détentes prononcées qu'il permettait d'obtenir sans exagération des masses.

L'Exposition de 1878 fut le triomphe des machines rotatives à

double effet. Dans la machine Guinotte, qui constituait le type le plus parfait, un moteur à cylindre unique avait été substitué au moteur Woolf, afin d'accroître les vitesses moyennes.

À une époque déjà reculée, les ingénieurs avaient eu l'idée d'installer souterrainement les machines : témoin un brevet belge de 1830, décrivant une pompe souterraine sans volant, analogue aux pompes dites *américaines* qui se sont répandues en Europe après l'Exposition de 1867. En 1878, l'un des types les plus usuels de pompe sans volant était celui de MM. Tangye.

Après 1878, les pompes souterraines à volant prirent une place de plus en plus large dans le matériel des mines. Utilisées depuis longtemps en Angleterre pour des profondeurs moyennes et de petites quantités d'eau, elles s'implantèrent fortement sur le continent et remplacèrent les moteurs de surface, même pour les grandes profondeurs et les épuisements à fort débit. L'Exposition de 1889 accusait bien cette tendance vers la substitution de machines souterraines aux machines à maîtresse tige; réalisant une pensée fort heureuse, la Compagnie d'Anzin mettait en parallèle au Champ de Mars la machine de Newcomen employée en 1789 dans ses mines et la machine compound souterraine, qu'elle considérait comme la caractéristique du progrès. Il existait, chez nos voisins de Belgique, des machines souterraines refoulant jusqu'à 576 mètres (la Louvière).

Les pompes souterraines peuvent être actionnées par l'air comprimé, l'eau ou l'électricité. En 1900, l'intérêt des modèles exposés se portait sur les efforts faits pour développer et perfectionner la commande électrique. Une difficulté sérieuse résulte de l'écart entre les vitesses normales des moteurs électriques et des pompes à plongeurs. La liaison doit s'établir généralement par des engrenages, plus rarement par des courroies. Quelques constructeurs ont tenté le couplage direct, en réduisant au minimum (300 ou 250 tours) la vitesse des moteurs et en augmentant celle des pompes, malgré l'insécurité relative du fonctionnement des soupapes avec la marche rapide.

12. *Préparation des charbons et des minerais.* — Aujourd'hui, la plupart des exploitants de charbonnages s'attachent à rendre leurs

produits plus propres à la vente en les *préparant*, en les offrant au consommateur dans un état, sous des formes et avec des teneurs appropriés aux divers usages spéciaux du charbon.

D'ailleurs, le classement, le triage, le nettoyage, le lavage présentent de grands avantages pour les *combustibles minéraux* consommés par la métallurgie. Ces opérations assurent la production régulière et économique des hautes températures; elles évitent l'influence nuisible de certains éléments au contact des métaux en élaboration. Ainsi s'explique la généralisation rapide du lavage des houilles, qui, au début de la seconde moitié du XIXe siècle, n'était encore usité que dans la fabrication du coke destiné aux chemins de fer.

Le triage est opéré sur des cribles fixes ou sur des cribles mus mécaniquement, soit à barreaux mobiles, soit à tôles perforées. Actuellement, les cribles fixes sont rares; ils ont été supplantés par les cribles mobiles, tels que les cribles à mouvements alternatifs ou oscillatoires et, dans une moindre mesure, les cribles rotatifs sans choc. On organise les services de manière à réaliser la séparation des sortes voulues ou la reconstitution à volonté des mélanges de plusieurs sortes.

En ce qui concerne le lavage, la France a devancé l'Angleterre. Ce fait s'explique par la qualité inférieure des houilles brutes que livraient beaucoup de nos mines et par les tendances des consommateurs français qui appréciaient mieux les avantages de la pureté du charbon. Les premiers essais de lavage remontent à plus de soixante ans et ont eu lieu à Saint-Étienne; dès 1867, l'opération était devenue courante pour le charbon destiné à la fabrication du coke et même pour les menus consommés en nature. Étudiés dans leurs détails, les appareils de lavage accusent une extrême variété; pourtant, on y rencontre presque toujours un principe commun, celui du crible à piston, appareil bien connu, dans lequel la matière en traitement, sous l'influence des secousses qui lui sont imprimées, se dépose en couches superposées par ordre de densité.

Une méthode maintenant répandue consiste à établir les ateliers de triage près de la sortie des fosses et à concentrer les ateliers de lavage, qui sont, par suite, munis d'un puissant outillage.

Généralement, l'installation des chantiers de criblage, de triage et de lavage est organisée de telle façon que les produits utilisent le plus possible la gravité à partir du culbuteur ou de la noria d'élévation.

La préparation mécanique des *minerais* comprend tout un ensemble d'opérations, souvent fort complexes, qu'ils doivent subir depuis la sortie de la mine jusqu'à l'instant où une épuration convenable permet de les livrer à la métallurgie. Elle emploie des appareils d'une très grande diversité, qu'il ne saurait être question de décrire ni même d'énumérer ici. Parmi les manipulations successives, on distingue ordinairemement : les concassages et triages, qui s'exécutaient autrefois à la main ; puis le travail du crible mobile, applicable aux matières grenues ; enfin les lavages sur tables, spéciaux aux matières ténues, depuis les graviers trop petits pour le crible mobile jusqu'aux schlamms les plus fins. Le matériel était resté fort primitif avant le milieu du siècle. À cette époque, la nécessité de réduire la main-d'œuvre s'est fait sentir avec plus de force et a donné naissance aux progrès qui ont transformé les anciens ateliers et qui s'accusaient si nettement lors de l'Exposition de 1867. On a dû chercher un juste milieu entre le système aspirant au minimum de déchet, moyennant un travail coûteux, et le système visant surtout à réduire la main-d'œuvre, en opérant d'une manière plus rapide et plus sommaire. Dans cet ordre d'idées, les industriels se sont attachés à généraliser l'usage des moyens mécaniques, à construire des appareils simples et d'une grande capacité de production, à les rendre automatiques dans leur alimentation en les étageant les uns au-dessus des autres. Eu égard à cette solidarité des différents appareils, il a fallu rendre leur marche aussi régulière que possible, modifier leur installation jadis fort grossière, y introduire les matériaux et les procédés d'une bonne construction mécanique. Après ces perfectionnements et la transformation complète qui en était résultée pour l'ancien outillage, les progrès de la préparation mécanique des minerais se sont ralentis.

13. *Agglomération des charbons.* — Comme le lavage, l'*agglomération* des combustibles minéraux est une industrie d'origine essentiel-

lement française. Ses débuts se sont accomplis dans le bassin de Saint-Étienne; le premier brevet date de 1833.

La fabrication des agglomérés de menu, créée pour les besoins des chemins de fer en même temps que pour ceux de la navigation à vapeur, a pris une grande extension et permis à beaucoup d'exploitants d'utiliser une partie de leur production autrefois rejetée comme inutilisable et sans valeur. Toutes les difficultés ont été successivement vaincues pour le coke, les lignites et la tourbe aussi bien que pour la houille. On emploie habituellement un mélange en proportion variable de combustible et de brai.

Ce n'est pas seulement aux combustibles que s'applique l'agglomération. Pour ne citer qu'un exemple, l'industrie fait des briquettes de minerai de fer et de chaux hydraulique, destinées aux hauts fourneaux.

De nombreuses machines à agglomérer ont été imaginées depuis que Révollier, Biétrix et Cie construisirent leur premier type de 1842 dont le modèle figura à l'Exposition de 1867. En 1878, Biétrix et Cie exposaient un appareil très remarqué. Des presses à double et triple compression jouissant d'une légitime réputation figuraient en 1900 dans l'exposition minière.

14. *Fours à coke.* — Les *fours à coke* appellent quelques observations intéressantes. Du jour où la fabrication du coke a été entreprise en grand pour les besoins des industries métallurgiques, il a fallu se préoccuper de l'utilisation des gaz combustibles, riches en hydrocarbures et en oxyde de carbone, qui se dégagent des cornues ou des fours. Ces gaz ont d'abord servi à chauffer des batteries de générateurs et à fournir ainsi de la vapeur employée aux services de la mine. Puis est venue la récupération, aujourd'hui classique dans les nouvelles installations, des sous-produits, goudron, ammoniaque, benzols. À leur sortie des fours, les gaz se rendent dans une usine spéciale où ils déposent les sous-produits; après l'épuration, une partie retourne aux fours où sa combustion détermine la distillation, tandis que l'autre partie alimente des chaudières, des moteurs à gaz, etc. La récupération diminue sensiblement le prix de revient du

IMPRIMERIE NATIONALE.

coke et fournit le brai nécessaire à la fabrication des briquettes. En 1900, la France possédait plus de mille fours à récupération. Récemment, une chute énorme du cours des benzols a provoqué de vives inquiétudes; l'industrie espérait un relèvement par suite de l'extension que prend l'usage des alcools carburés à la benzine.

Une nouveauté, lors de l'Exposition de 1900, était la production d'un coke résistant et compact avec des charbons à haute teneur en matières volatiles, au moyen d'une compression de la houille pendant la distillation.

15. *Sécurité du personnel.* — Parmi les caractéristiques de la fin du siècle, l'une des plus frappantes est la sollicitude sans cesse en éveil de l'Administration et des exploitants pour la sécurité du personnel, l'assaut d'ingéniosité et de dispositions originales que se sont livré les industriels afin de protéger la vie et la santé des ouvriers, de prévenir des dangers dont la gravité augmentait d'ailleurs avec la profondeur et l'intensité des exploitations minières.

En nombre de cas, les accidents résultent d'une maladresse, d'une inattention, d'une imprudence de la victime, soit qu'elle ouvre intempestivement une lampe, soit qu'elle néglige de s'assurer qu'une voie de transport est libre avant de s'y engager, soit qu'elle procède à une manœuvre aux recettes sans vérifier la présence de la cage au niveau voulu, etc. Le mineur, constamment exposé à certains périls, finit par y devenir presque indifférent et par s'abstenir des précautions indispensables : cette tendance, inhérente à la nature humaine, est générale dans l'industrie. Il fallait mettre les ouvriers à l'abri même des conséquences d'un acte irréfléchi de leur part; les concessionnaires s'y sont attachés au prix des plus grands efforts et des plus lourds sacrifices.

Chemin faisant, j'ai indiqué les principales dispositions prises dans l'intérêt de la sécurité; il ne me reste pour ainsi dire qu'à les récapituler.

Un des ennemis les plus redoutables des mineurs est le grisou. Les commissions officielles instituées dans divers pays et notamment la Commission créée en France à la suite de la loi du 26 mars 1877

peuvent revendiquer l'honneur d'avoir répandu des notions saines et précises sur les moyens de le combattre par un aérage convenable, par l'emploi de lampes inoffensives, par l'usage d'explosifs de sûreté et le tirage à l'électricité, par la grisoumétrie.

Les mouvements des ouvriers dans les puits étaient particulièrement dangereux; grâce aux évite-molettes, aux parachutes, etc., le péril a été conjuré.

Des systèmes de barrières, d'enclenchements, de signaux, empêchent toute manœuvre intempestive d'ouverture des puits ou des plans inclinés et s'opposent aux chutes graves qui en seraient la conséquence. Généralement, les appareils de fermeture sont automatiques et ne peuvent être manœuvrés que lorsque les cages ou berlines sont au niveau voulu. Cette automaticité réduit au minimum la part d'initiative laissée aux ouvriers.

En dehors des mesures habituellement prescrites pour le service du boisage des galeries, il est, au besoin, procédé à un étayage provisoire au moyen d'allonges métalliques supportant le toit en porte à faux pendant les travaux d'abatage.

Le tableau suivant donne, de 1833 ou de 1851 à 1900, la proportion du nombre des ouvriers tués au nombre des ouvriers employés dans les différentes exploitations minérales en France:

PÉRIODES.	NOMBRE DES OUVRIERS TUÉS PAR 10.000 OUVRIERS EMPLOYÉS (MOYENNES ANNUELLES).				
	MINES DE COMBUSTIBLE.		MINES DIVERSES.	CARRIÈRES souterraines.	CARRIÈRES à ciel ouvert.
	Accidents de grisou.	Ensemble des accidents.			
1833-1840........	5.9	40.7	"	"	"
1841-1850........	2.4	(1) 37.5	"	"	"
1851-1860........	4.6	(2) 34.2	(2) 18.0	(3) 16.4	5.1
1861-1870........	5.4	29.8	16.8	17.7	7.4
1871-1880........	5.0	22.3	17.5	18.1	7.0
1881-1890........	5.8	18.2	14.5	18.4	9.4
1891-1900........	0.7	11.8	15.9	18.4	10.5

(1) Moyenne de 3 années. — (2) Moyenne de 7 années. — (3) Moyenne de 8 années.

Voici, d'autre part, quelques chiffres comparatifs pour la France, la Belgique, la Grande-Bretagne et la Prusse :

PÉRIODES.	CHARBONNAGES.								MINES DE TOUTE NATURE.		
	NOMBRE DES OUVRIERS TUÉS PAR 10,000 OUVRIERS EMPLOYÉS (moyennes annuelles).				NOMBRE DES OUVRIERS TUÉS PAR MILLION DE TONNES EXTRAITES (moyennes annuelles).				NOMBRE DES OUVRIERS TUÉS par 10,000 ouvriers employés (moyennes annuelles).		
	France.	Belgique.	Grande-Bretagne.	Prusse.	France.	Belgique.	Grande-Bretagne.	Prusse.	France.	Grande-Bretagne.	Prusse.
1831-1840......	40.7	31.1	"	"	"	33.9	"	"	"	"	"
1841-1850......	37.5	29.7	"	"	"	26.4	"	"	"	"	"
1851-1860......	34.2	29.3	40.7	20.5	24.7	24.1	16.3	14.55	26.1	"	"
1861-1870......	29.8	26.1	33.3	28.6	19.7	18.9	10.7	13.9	23.3	"	24.6
1871-1880......	22.3	24.5	23.5	28.5	13.7	16.8	8.4	13.0	19.9	22.9	24.7
1881-1890......	18.2	19.9	19.4	28.6	9.25	11.4	6.2	9.3	16.4	19.05	24.55
1891-1900......	11.8	13.9	14.1	24.3	5.75	8.0	5.3	7.8	13.85	13.8	21.85

3. Produits des industries minières. — 1. *Combustibles minéraux.* — Les *combustibles minéraux* enfouis dans les différents étages des terrains stratifiés se ramènent à trois types principaux : le lignite, la houille et l'anthracite. Tous sont d'origine végétale; cette origine, admise depuis le commencement du XIXe siècle, a été confirmée non seulement par les traces ou les empreintes de végétaux qu'on y rencontre, mais aussi par les expériences synthétiques qui ont permis de transformer artificiellement des plantes ou du bois en houille ou en anthracite, sous l'action simultanée de la chaleur et de la pression. Il est à peu près certain que la formation des combustibles minéraux résulte de la carbonisation humide d'amas considérables d'arbres et de plantes enfouis sous des sédiments, soustraits ainsi à l'action de l'atmosphère, et soumis en même temps à une compression énergique, ainsi qu'à une température assez élevée. Les variations de leur nature et de leur qualité tiennent sans doute à des dissemblances dans la végétation dont ils sont nés et à des différences dans les conditions de température, de pression, de milieu, où ils se sont trouvés lors de leur constitution.

C'est seulement à partir du XIIIe siècle qu'on a des preuves de l'extraction de la houille. En 1800, la production britannique était de

10,100,000 tonnes. D'après les rapports des jurys de 1867 et de 1878, celle du globe entier s'élevait à 170 millions de tonnes pour l'année 1865 et à 288 millions de tonnes pour l'année 1876. Les statistiques officielles du Ministère des travaux publics de France accusent les chiffres suivants en 1880, 1889 et 1900:

PAYS.		1880.	1890.	1900.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.
Europe..	Grande-Bretagne et Irlande..	149,020,000	184,530,000	228,780,000
	Allemagne	53,470,000	89,130,000	149,550,000
	Autriche-Hongrie	16,950,000	27,530,000	39,030,000
	France	19,360,000	26,080,000	33,400,000
	Belgique	16,870,000	20,370,000	23,460,000
	Russie	2,920,000	6,015,000	16,140,000
	Espagne	850,000	1,210,000	2,670,000
Amérique.	États-Unis	60,710,000	143,140,000	243,390,000
	Canada	1,330,000	2,470,000	4,840,000
Asie....	Japon	400,000	2,610,000	7,430,000
	Indes et possessions anglaises.	1,015,000	2,080,000	6,220,000
Australasie.	Australie, Nouvelle-Zélande et Tasmanie	1,770,000	2,470,000	7,590,000
Autres pays		345,000	1,110,000	1,410,000
	Totaux	325,010,000	508,745,000	763,910,000

On voit l'énorme développement de la production houillère du monde pendant les vingt dernières années du siècle. L'augmentation proportionnelle a été de 301 p. 100 aux États-Unis, 54 p. 100 en Angleterre, 180 p. 100 en Allemagne, 130 p. 100 en Autriche-Hongrie, 72 p. 100 en France, 38 p. 100 en Belgique, 453 p. 100 en Russie, etc. Jusqu'en 1899, l'Angleterre tenait le premier rang; elle a été dépassée, à partir de 1899, par les États-Unis. Il y a lieu de remarquer d'ailleurs que l'Amérique du Nord a sur son propre territoire un immense champ de consommation et s'est à peine engagée dans la voie de l'exportation; dès maintenant, au contraire, la Grande-Bretagne, grâce à sa puissante marine, déverse le quart environ de sa production sur le littoral de pays souvent fort lointains.

Le tableau ci-après récapitule, pour la France et par périodes décennales, les chiffres annuels moyens de la production, de la con-

sommation, du prix sur le carreau de la mine et du prix dans les centres consommateurs :

PÉRIODES OU ANNÉES.	PRODUCTION EN MILLIERS DE TONNES.	CONSOMMATION EN MILLIERS DE TONNES.	PRIX	
			AU LIEU D'EXTRACTION.	AU LIEU DE CONSOMMATION.
			fr. c.	fr. c.
1811-1820	895	1,082	[1] 10 56	"
1821-1830	1,495	1,961	10 23	"
1831-1840	2,571	3,469	9 82	"
1841-1850	4,078	6,129	9 69	"
1851-1860	6,857	11,448	11 45	"
1861-1870	11,836	18,560	11 61	22 87
1871-1880	16,775	24,222	14 34	25 25
1881-1890	21,543	31,753	11 58	20 64
1891-1900	29,190	40,527	11 96	20 85
1900	33,404	48,803	14 95	26 57

[1] Moyenne de 7 années.

C'est la houille qui constitue presque seule notre production : elle entre, en effet, pour 30,957,000 tonnes, ou 92.7 p. 100, dans le chiffre total de 33,404,000 tonnes afférent à l'année 1900. L'anthracite ne fournit que 1,764,000 tonnes et le lignite 683,000 tonnes.

Voici quelle a été, depuis 1820, la progression pour les principaux bassins.

ANNÉES.	NORD.	PAS-DE-CALAIS.	LOIRE.	GARD.	BOURGOGNE et NIVERNAIS.	TARN et AVEYRON.	BOURBONNAIS.
	Milliers de tonnes.						
1820	323	"	448	"	"	"	"
1830	494	"	806	"	"	"	"
1840	776	"	1,100	200	292	127	55
1850	1,002	19	1,550	310	498	180	264
1860	1,595	590	2,360	870	795	538	657
1870	2,418	1,895	3,350	1,300	1,029	708	975
1880	3,702	4,844	3,588	1,936	1,548	986	967
1890	5,135	9,077	3,587	2,005	1,915	1,453	1,070
1900	5,669	14,595	4,022	2,045	2,010	1,700	1,094

L'effort dominant de l'industrie houillère s'est porté sur les bassins du Nord et du Pas-de-Calais. Ce dernier, à peine exploité en 1850, donne aujourd'hui près de moitié de notre production totale.

Malgré les progrès de son exploitation, la France ne suffit pas à ses besoins. Elle a dû importer, en 1900, 13,819,000 tonnes de houille et 1,572,000 tonnes de coke, ce qui représente 16,177,000 tonnes de houille crue, à raison de 150 tonnes de houille pour 100 tonnes de coke. L'importation s'est répartie comme il suit, d'après les provenances :

PAYS.	HOUILLE.	COKE.	TOTAL EXPRIMÉ EN HOUILLE.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Angleterre	8,331,000	29,000	8,375,000
Belgique	4,606,000	724,000	5,692,900
Allemagne	805,000	810,000	2,020,000
États-Unis	59,000	"	59,000
Autres pays	18,000	9,000	31,000

Pour la première fois, les charbons américains sont apparus en quantité notable sur le marché français.

Les entrées moyennes de la période décennale 1891-1900, exprimées en houille, avaient été : Angleterre, 5,514,000 tonnes; Belgique, 4,809,000 tonnes; Allemagne, 1,935,000 tonnes; ensemble, 12,277,000 tonnes.

Notre exportation reste peu considérable : moyenne de 944,000 tonnes, pendant la période 1891-1900; 927,000 tonnes en 1900. Elle est principalement dirigée vers la Belgique et la Suisse.

La consommation propre des mines a été, en 1900, de 3,223,000 tonnes; celle de la grosse métallurgie, de 8,265,000 tonnes; celle des chemins de fer, de 6,229,000 tonnes; celle de la marine marchande, de 1,023,000 tonnes.

Il y a longtemps déjà que le monde industriel s'est inquiété de faire une sorte d'inventaire des richesses houillères accumulées par les siècles et de supputer l'époque à laquelle ces richesses seraient épuisées. Vers 1860, des savants et des praticiens anglais poussèrent un cri de détresse; le Parlement britannique s'en émut et une enquête fut instituée sous la direction de sir Roderick Murchison, célèbre par

ses connaissances géologiques. La Commission d'enquête déposa en 1871 un volumineux rapport concluant à l'existence de 146 milliards 500 millions de tonnes dans le sous-sol de la Grande-Bretagne; elle s'abstint, d'ailleurs, de calculer la vie probable de cet immense stock, en se retranchant avec infiniment de raison derrière l'aléa des exigences et des transformations de l'industrie.

Dans son introduction aux rapports du jury de l'Exposition de 1867, Michel Chevalier se posait la même question pour la France; il envisageait avec anxiété l'épuisement possible du bassin alors le plus productif, celui de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier, avant la fin du xxe siècle.

Bien qu'atténuées par la mise en exploitation de nouveaux bassins, soit en Europe, soit sur d'autres points du monde, ces craintes eurent néanmoins des effets salutaires et poussèrent à l'économie du combustible, ainsi qu'à un meilleur aménagement du domaine forestier. Dès 1867, Michel Chevalier pouvait signaler des résultats sérieux obtenus, notamment par l'emploi du four Siemens et du four annulaire Hoffmann, par l'utilisation de la houille menue sous forme d'agglomérés, par la consommation plus générale de l'anthracite.

L'accroissement énorme de l'extraction à la fin du xixe siècle n'est pas faite pour calmer les préoccupations d'avenir. Cependant il convient de remarquer que le globe recèle encore de vastes gisements inexploités ou même inexplorés. En pratique, les prévisions actuelles doivent s'attacher moins à l'épuisement futur des houillères qu'à un déplacement des centres de production, comme celui qui commence à se manifester dans la situation relative de l'Amérique et de l'Europe. On peut, d'autre part, fonder de légitimes espérances sur les ressources qu'apportera un meilleur emploi des chutes d'eau, de la houille blanche, grâce à l'électricité.

2. *Matières bitumineuses. Huiles minérales.* — Parmi les matières donnant lieu à une exploitation assez active se rangent les *matières bitumineuses*. En 1800, l'extraction dans les différentes parties du monde était de 1,100,000 tonnes environ; elle a dépassé 3 millions

de tonnes en 1900. Les pays où la production est le plus élevée sont les suivants :

	1880. — tonnes.	1900. — tonnes.
Grande-Bretagne et Irlande	850,400	319,000
France	144,000	266,000
La Trinité	?	161,300
Italie	12,200	101,000
Allemagne	26,000	90,000
États-Unis	3,000	45,000

L'Angleterre tient de beaucoup la première place. Il y existe des gisements considérables, non de schistes bitumineux proprement dits, mais de roches produisant du boghead ou du cannel-coal.

Nous avons des schistes bitumineux à Autun en Saône-et-Loire (production de 146,000 tonnes pendant l'année 1900) et à Buxières dans l'Allier (74,000 tonnes); ces schistes ont donné 12,400 tonnes d'huile brute. Les calcaires asphaltiques se rencontrent dans l'Ain, le Gard, le Puy-de-Dôme et la Haute-Savoie (34,000 tonnes en 1900). Enfin le bassin d'Autun fournit 12,000 tonnes de boghead.

Pendant les vingt années de la période 1880-1900, la production du *naphte* dans le monde est passée de 3,740,000 à 19,250,000 tonnes. Les deux pays qui alimentent presque seuls le marché sont la Russie et les États-Unis d'Amérique. Bien loin en arrière viennent, avec une extraction restreinte, la Galicie, la Roumanie, les Indes anglaises et néerlandaises, le Japon, le Canada, l'Allemagne.

Il y a vingt-cinq ans, l'exploitation commençait à peine en Russie; le rendement de 1880 ne dépassait pas 352,000 tonnes; celui de 1900 a atteint 9,846,000 tonnes. Le naphte se rencontre tout le long des versants du Caucase, sur 1,250 kilomètres de longueur, entre les presqu'îles d'Apchéron (mer Caspienne) et de Taman (mer d'Azof), ainsi qu'à Arkhangel, au pied des Karpathes, à Sakhaline. Toutefois la mise en valeur n'est guère entreprise qu'aux deux extrémités du massif caucasien et spécialement dans la presqu'île d'Apchéron; l'abondance des sources de Bakou a nécessairement restreint les tentatives nouvelles et la Russie garde ainsi d'immenses réserves pour l'avenir.

Actuellement, le naphte de Bakou fournit environ 27 p. 100 de pétrole, dont un tiers est embarqué sur le Volga et destiné à la consommation intérieure, tandis que les deux autres tiers vont par chemin de fer à Batoum et sont dirigés vers l'étranger; au pétrole s'ajoute l'huile de graissage, qui représente 3 p. 100; dans l'ensemble, le pétrole, les huiles solaires ou de graissage et la benzine ne forment pas plus de 31 p. 100. Le surplus est perdu ou brûlé comme simple combustible.

En 1880, les États-Unis tiraient déjà de leurs gisements 3,338,000 tonnes; ce chiffre est monté à 8,749,000 tonnes en 1900. On trouve le naphte dans les États de Pensylvanie, d'Indiana, d'Ohio, de la Virginie occidentale, de la Californie, de New-York, du Texas, du Colorado, du Kansas, etc. Les régions productives par excellence sont toujours celle des Appalaches (57 p. 100 du total) et celle de Lima-Indiana (37 p. 100); parmi les autres régions, la Californie développe rapidement son exploitation. On peut évaluer à 90 p. 100 le rendement moyen du naphte des États-Unis en produits oléagineux; le pétrole américain a une suprématie incontestée au point de vue de sa teneur en huile lampante et en matières volatiles.

M. Michel Lévy, dans son rapport général sur l'Exposition de 1900, et M. Haller, dans son rapport spécial relatif aux arts chimiques, signalent la diversité de composition des pétroles, qui se distinguent en deux classes principales: série aliphatique (Pensylvanie, Ohio, Canada, Roumanie); série des naphtènes (Russie, Californie, Texas). Cette diversité contribue à obscurcir la question de l'origine des huiles minérales; il n'est pas téméraire de supposer que les formations ont des processus différents et dérivent tantôt de combinaisons minérales (carbures métalliques), tantôt de matières organiques (plantes, cadavres d'animaux).

Une particularité intéressante des États-Unis est l'exploitation du gaz naturel, qui se dégage des terrains pétrolifères. La production de ce gaz a notablement diminué depuis 1889; jadis gaspillé, il est aujourd'hui recueilli avec soin, distribué à des distances souvent considérables et utilisé pour le chauffage industriel, l'éclairage à l'incandescence, le fonctionnement des moteurs à gaz, etc. Au Canada, les dégagements de gaz naturel trouvent également d'utiles emplois. La Russie, qui en possède aussi, ne les exploite jusqu'ici que dans une faible mesure.

Pendant les trois dernières années du siècle, la France a importé en moyenne 325,000 tonnes d'huile brute de pétrole ou de schiste et 269,000 hectolitres d'huile raffinée ou d'essence. Son exportation d'huile raffinée et d'essence s'est élevée à 43,000 hectolitres.

3. *Minerais de fer.* — Aucun minerai métallique ne donne lieu à une extraction aussi considérable que les *minerais de fer.* Les statistiques du Ministère des travaux publics de France évaluent comme il suit la production du monde en 1880 et 1900 :

PAYS.		1880.	1900.
		tonnes.	tonnes.
Europe...	Grande-Bretagne et Irlande	18,300,000	14,250,000
	Allemagne	4,245,000	12,790,000
	Espagne	520,000	8,700,000
	Luxembourg	1,610,000	6,170,000
	Russie	980,000	5,800,000
	France	2,870,000	5,450,000
	Autriche-Hongrie	950,000	3,530,000
	Suède	775,000	2,610,000
Amérique.	États-Unis	7,230,000	26,330,000
Afrique. .	Algérie	610,000	600,000
	Ensemble du monde	38,590,000	87,570,000

La production moyenne annuelle de la France, la production spéciale du département de Meurthe-et-Moselle, le prix moyen du minerai et les mouvements du commerce extérieur sont indiqués, par période décennale, au tableau suivant :

PÉRIODES OU ANNÉES.	PRODUCTION TOTALE EN MILLIERS de tonnes.	PRODUCTION de MEURTHE-ET-MOSELLE EN MILLIERS de tonnes.	PRIX DE LA TONNE.	IMPORTATION EN MILLIERS DE TONNES.	EXPORTATION EN MILLIERS DE TONNES.
			fr. c.		
1833-1840	905	"	7 41	"	"
1841-1850	1,247	"	6 76	"	"
1851-1860	2,420	248	5 51	92	"
1861-1870	3,035	880	4 86	463	130
1871-1880	2,514	1,117	5 39	827	166
1881-1890	2,934	2,066	4 09	1,382	175
1891-1900	4,206	3,430	3 40	1,814	282
1900	5,448	4,446	3 78	2,119	372

D'après leur nature minéralogique, les minerais extraits de nos mines se répartissent en cinq classes : le minerai hydroxydé oolithique (86.9 p. 100 de l'extraction totale pendant l'année 1900); l'hématite brune (7.51 p. 100); les autres minerais hydroxydés et les minerais oxydulés (6.80 p. 100); l'hématite rouge et le fer oligiste (5.98 p. 100); le fer carbonaté principalement spathique (4.71 p. 100).

Le minerai hydroxydé oolithique forme de beaucoup la majeure partie de l'extraction; il est aussi le moins coûteux. On l'exploite surtout dans le département de Meurthe-et-Moselle. Ce département, dont les mines ont pris un merveilleux essor et fournissent plus des quatre cinquièmes de la production française, comprend deux bassins, celui de Nancy et celui de Longwy; le bassin de Longwy se subdivise lui-même en deux groupes, Longwy et Briey; découvert récemment, le groupe de Briey a fait l'objet de nombreuses concessions, mais n'est pas encore le siège d'une exploitation intensive. La puissance de la formation lorraine oscille autour du chiffre moyen de 12 mètres et se répartit entre quatre étages : à la partie supérieure, on rencontre un calcaire ferrugineux, ayant une teneur de 20 à 25 p. 100 de fer et donnant une excellente castine; au-dessous viennent la mine rouge, la mine grise et la mine noire, dont la teneur varie de 35 à 42 p. 100, avec 0.6 de phosphore, et qui deviennent plus riches, mais en même temps plus siliceuses et plus friables, au fur et à mesure que l'on descend.

Malgré ses ressources, la France ne peut suffire à sa consommation. Pendant l'année 1900, elle a importé 1,501,000 tonnes d'Allemagne et du Luxembourg, 488,000 d'Espagne, 53,000 d'Algérie, 23,000 de Belgique, 20,000 d'Italie, 15,000 de Grèce, 13,000 de Suède, 6,000 d'autres pays. Son exportation, dirigée vers la Belgique, les Pays-Bas, l'Angleterre, etc., ne s'est pas élevée au-dessus de 372,000 tonnes.

Les minerais algériens n'ont d'autre débouché que l'exportation. Ils se vendent dans les Pays-Bas, en Angleterre, en France, etc.

À l'étranger, les principales régions productrices sont : pour l'Angleterre, le Cleveland et le North-Yorkshire (carbonate), ainsi que le Cumberland et le North-Lancashire (hématites rouges); pour l'Allemagne, la Prusse; pour l'Espagne, le district de Bilbao, qui donne des hématites brunes d'une teneur moyenne de 57 p. 100 (campanil,

vena et rubio); pour la Russie, l'Oural (magnétites, limonites, hématites), Krivoï-Rog (hématites et fer oxydé rouge), Kertch (minerais oolithiques); pour l'Autriche-Hongrie, la Bohême, surtout l'Erzberg styrien et le pied des Karpathes. En ce qui concerne les États-Unis, un fait digne de remarque est le développement des mines de fer dans la région du Lac Supérieur (hématites); les quatre cinquièmes de la fonte américaine proviennent des minerais de cette région.

4. *Minerais métalliques divers.* — Peu utilisé, l'*antimoine* ne donne lieu qu'à une exploitation restreinte. La quantité de minerai extraite dans le monde entier en 1900 est évaluée à 20,000 tonnes. Ce minerai se présente surtout sous forme de sulfure ou stibine. La France se place au premier rang avec 7,800 tonnes (Haute-Loire, Mayenne, Cantal, Corse); ce chiffre accuse une progression sensible, car, de 1881 à 1890 et de 1891 à 1900, les moyennes annuelles n'avaient été respectivement que de 1,330 et 5,910 tonnes. Après la France, viennent l'Italie (7,600 tonnes) et l'Autriche-Hongrie (2,600 tonnes).

Depuis l'association du *chrome* à l'acier, les demandes de ce métal ont sensiblement augmenté. La production des minerais de chrome doit être de 50,000 tonnes environ. Au nombre des pays producteurs, il y a lieu de citer la Russie, la Nouvelle-Calédonie, la Turquie, la Grèce, la Nouvelle-Galles du Sud, le Canada.

La statistique de 1900 accuse pour la production des minerais de *cuivre*, abstraction faite des États-Unis et du Canada, un total de 3,811,000 tonnes : Espagne, 2,715,000 tonnes; Allemagne, 748,000; Italie, 96,000; Terre-Neuve, 89,000; Russie, 45,000; etc. Après la baisse survenue dans les cours du cuivre en 1891 et 1892, le développement des exploitations espagnoles s'est arrêté. Aujourd'hui, les États-Unis et spécialement les trois régions du Montana, de l'Arizona, du Lac supérieur, fournissent plus de cuivre que tous les autres pays réunis.

Pour l'*étain*, la statistique du Ministère des travaux publics n'enregistre qu'une production de 9,000 tonnes: Angleterre, 6,900 tonnes; Australie, 1,800 tonnes; etc. Mais cette statistique est incomplète. Elle ne comprend pas les centres principaux d'extraction, Détroits et presqu'île de Malacca (50,000 tonnes); Indes néerlandaises (15,000 tonnes).

Comme le chrome et pour les mêmes raisons, le *manganèse* est maintenant très recherché. L'extraction de 1900 a dépassé 1 million 200,000 tonnes, dont 630,000 en Russie, 220,000 aux États-Unis, 110,000 en Espagne, 90,000 dans les Indes anglaises, 58,000 en Prusse, 29,000 en France. Notre production annuelle moyenne, qui était de 4,980 tonnes pendant la période décennale 1861-1870, est montée à 31,900 tonnes pendant la période 1891-1900; elle se partage entre l'Ariège, Saône-et-Loire et les Hautes-Pyrénées.

Le seul minerai de *mercure* est le sulfure ou cinabre. D'après la statistique du Ministère des travaux publics pour l'année 1900, l'Autriche a extrait 95,000 tonnes de minerai, la Russie 84,000, l'Italie 34,000, l'Espagne 30,200. Les États-Unis, qui ne sont pas mentionnés, doivent avoir produit 1,000 tonnes de métal.

Peu de gisements sont aussi rares que ceux de *nickel* et de *cobalt*. Jusqu'à une époque récente, le nickel n'était guère employé qu'à l'état de maillechort, c'est-à-dire d'alliage avec le cuivre et le zinc; son prix atteignait 30 francs le kilogramme; la consommation ne dépassait pas 400 ou 500 tonnes par an. Une véritable révolution est résultée de la découverte des gisements néo-calédoniens. Eu égard à leurs propriétés remarquables, les alliages de fer et de nickel ont conquis des débouchés importants; ils servent en particulier à la confection des blindages, des projectiles pour armes à feu portatives de guerre. Le minerai de nickel se rencontre en Nouvelle-Calédonie sous forme d'hydrosilicate double de nickel et de magnésium, et constitue de vastes amas encaissés dans des roches serpentineuses. Transformé en mattes par fusion au cubilot en présence du sulfate de chaux ou d'autres matières sulfurées, ce minerai est ensuite dirigé vers l'Europe. L'extraction de 1900 a été de 100,000 tonnes. Notre colonie recèle également dans son sous-sol du minerai de cobalt, à l'état de métal oxydé noir; la production de 1900 est évaluée à 2,500 tonnes. On fonde de grandes espérances sur des gisements canadiens de pyrrhotites nickelifères et cobaltifères, dont le rendement approche déjà de celui des massifs néo-calédoniens.

La production des minerais de *plomb* en 1900, non compris celle des États-Unis et du Canada, a été de 1,100,000 tonnes: Australie,

470,000 tonnes; Espagne, 310,000; Allemagne, 150,000. Aux États-Unis, l'extraction paraît comparable à celle de l'Australie. De 12,370 tonnes pendant la période 1861-1870, notre production est montée à 22,330 tonnes pendant la période 1891-1900; la principale exploitation a pour siège Pontpéan, dans l'Ille-et-Vilaine; on en tire de la galène, de la blende et de la pyrite argentifères; les autres départements producteurs sont le Var, le Cantal, le Gard, les Hautes-Pyrénées, le Tarn, l'Ardèche.

En 1900, le minerai de *zinc* extrait des pays autres que les États-Unis a représenté 1,240,000 tonnes: Allemagne, 640,000; Italie, 140,000; Espagne, 86,000; France, 67,000; etc. Quoique peu développée, la production américaine est déjà sensiblement supérieure à celle de la France. Nos mines, situées dans le Gard, le Var, l'Aveyron, l'Ille-et-Vilaine et quelques autres départements, ont donné en moyenne 76,200 tonnes pendant la période 1891-1900, au lieu de 1,550 tonnes seulement pendant la période 1861-1870.

5. *Métaux précieux.* — Jusqu'à la découverte des gisements de Californie et d'Australie, l'*or* entrait à peine pour un tiers dans la valeur des métaux précieux et, dès 1878, le rapporteur du jury de l'Exposition pouvait affirmer que l'or tenait une place à peu près égale à celle de l'argent.

Voici quelle a été la production en 1900 (or fin):

PAYS.	POIDS.	VALEUR.	PAYS.	POIDS.	VALEUR.
	kilogr.	francs.		kilogr.	francs.
États-Unis	119,337	411,049,000	Corée	2,742	9,445,000
Australasie	108,776	374,672,000	Guyane française	2,071	7,134,000
Canada	41,953	144,505,000	Japon	1,956	6,737,000
Russie	38,656	133,148,000	Chili	1,352	4,657,000
Mexique	14,158	48,766,000	Pérou	1,138	3,920,000
Indes anglaises	13,807	47,557,000	Madagascar	1,041	3,586,000
Chine	6,470	22,286,000	Guyane hollandaise	969	3,338,000
Brésil	3,975	13,692,000	Amérique centrale	865	2,979,000
Colombie	3,463	11,928,000	Vénézuéla	483	1,664,000
Hongrie	3,209	11,053,000	Grande-Bretagne et Irlande	415	1,429,000
Guyane anglaise	3,190	10,988,000	Indes néerlandaises	373	1,285,000
Cap et possessions anglaises du Sud de l'Afrique	2,978	10,258,000	Autres pays	761	2,620,000
			TOTAUX	374,138	1,288,696,000

Depuis dix ans, la production a plus que doublé, malgré les événements temporaires qui ont fait passer le Transvaal de la première à la douzième place. Il faut donc prévoir, pour un avenir prochain, une extraction triple.

Aux États-Unis, l'accroissement est très rapide, 140 p. 100 pendant la période décennale. Rangés par ordre d'importance, les États producteurs sont le Colorado, la Californie, le South Dakota, l'Alaska, le Montana, l'Utah, etc.

En Australie, la progression, de 1890 à 1900, a été de 120 p. 100.

Primitivement, l'or du Canada provenait surtout de la Colombie et de la Nouvelle-Écosse. Aujourd'hui, le district du Yukon entre dans le total pour près des quatre cinquièmes. Il y a d'ailleurs dix ans à peine que le pays est entré sérieusement en lice.

La Russie ne progresse pas. Ses principaux dépôts d'alluvions sont dans la Sibérie orientale, dont la quote-part représente 70 p. 100; l'Oural donne 25 p. 100 et la Sibérie occidentale 5 p. 100.

Il y a peu d'années encore, l'attention du Mexique se concentrait presque exclusivement sur l'argent, qui constitue la monnaie nationale si réputée jusqu'en Extrême-Orient. La dépréciation du métal blanc a provoqué des efforts pour la recherche de l'or, et l'heureuse activité de ces efforts s'est particulièrement accusée après 1894.

L'or est assez abondant aux Indes, soit à l'état alluvial, soit dans les quartz aurifères. Ce sont les placers de Mysore qui alimentent presque toute la production actuelle.

Sans poursuivre cette revue des divers pays producteurs, il convient cependant de consacrer quelques indications au Transvaal et à la Guyane française. L'exploitation transvaalienne ne date guère que de 1867; à la veille de la guerre, elle approchait de 500 millions de francs. Parmi les zones aurifères, la plus riche est celle du Witwatersrand. Des villes très peuplées y sont sorties de terre comme par un coup de baguette. Malgré les écarts d'une spéculation effrénée, les résultats ont été considérables. Quant à la Guyane française, elle possède de riches placers et des filons d'une belle teneur; malheureusement, les conditions économiques du pays sont peu favorables; le

Gouvernement se préoccupait en 1900 de les améliorer par l'établissement d'un chemin de fer.

En dépit de l'avilissement des cours, la production de l'*argent* a notablement augmenté. Le tableau suivant donne la valeur et la répartition des quantités de métal fin extraites pendant l'année 1900 :

PAYS.	POIDS.	VALEUR.	PAYS.	POIDS.	VALEUR.
	kilogr.	francs.		kilogr.	francs.
États-Unis	1,853,888	191,445,000	Japon	56,308	5,630,800
Mexique	1,794,168	179,416,800	Amérique centrale	45,000	4,465,000
Australie	683,716	70,174,000	Grèce	31,472	3,147,000
Bolivie	324,490	33,187,000	Italie	23,440	2,276,000
Espagne	140,457	18,259,000	France	14,067	1,406,700
Chili	179,552	17,816,000	Turquie	13,352	1,335,200
Allemagne	168,349	17,340,000	République Argentine	11,930	1,184,000
Canada	139.616	14,241,000	Autres pays	18,704	1,849,500
Pérou	141,900	14,190,000			
Colombie	87,089	8,907,000			
Autriche-Hongrie	60,121	6,546,000	Totaux	5,787,619	592,815,800

Pour l'argent comme pour l'or, le premier rang appartient aux États-Unis, qui ont des gisements très riches dans le Colorado, le Montana, l'Utah, etc.

L'argent est le métal national du Mexique, où il se rencontre associé le plus souvent au plomb et parfois à un peu d'or.

À la suite d'une régression temporaire, l'extraction australienne atteste un mouvement sérieux de reprise.

Le *platine* existe à l'état natif dans un certain nombre de régions; il y accompagne ordinairement les sables aurifères des alluvions modernes. Des méthodes ingénieuses, dues à Sainte-Claire Deville et Debray, permettent de le séparer, pur ou combiné avec l'iridium, des autres métaux qui lui sont associés.

En fait, le platine est à peu près exclusivement tiré de l'Oural ; les statistiques accusent pour 1890 et 1900 des productions respectives de 2,833 et 5,100 kilogrammes.

6. *Pyrites de fer. Soufre.* — Par suite du rôle qu'elles jouent dans la fabrication de l'acide sulfurique, les *pyrites de fer* sont l'objet d'une

consommation sans cesse croissante; leur valeur dépend non seulement de la pureté du minerai et de sa richesse en soufre, mais aussi de la nature de la gangue. Les exploitations des différents pays ont fourni, en 1900, de 1,300,000 à 1,400,000 tonnes : France, 305,000 tonnes; Portugal, 276,000; États-Unis, 205,000; Allemagne, 169,200; Hongrie, 92,100; Italie, 72,000; etc. Notre production annuelle moyenne n'avait pas été supérieure à 101,000 tonnes pendant la période 1861-1870; elle a atteint 276,400 tonnes pendant la période 1891-1900. Cette production vient presque tout entière de Saint-Bel (Rhône).

On sait que le remplacement du *soufre* par les pyrites, dans la fabrication de l'acide sulfurique, a été largement compensé par les demandes de l'agriculture ; aussi l'importance de l'extraction s'est-elle accrue, au lieu de diminuer. L'Italie reste le fournisseur presque exclusif du monde : en 1900, elle a donné 3,630,000 tonnes de minerai, tiré principalement de la Sicile et, pour une faible part, de la Romagne ainsi que de la Toscane. Le contingent des autres pays atteint à peine 100,000 tonnes, dont plus de moitié pour l'Espagne.

7. *Sel.* — La quantité de *sel* produite par les divers pays du monde était évaluée à 7,323,000 tonnes en 1880 ; elle l'a été à 13,353,860 tonnes en 1900 :

PAYS.		1880.	1900.
		tonnes.	tonnes.
Europe	Russie	818,000	1,951,000
	Grande-Bretagne et Irlande	2,685,000	1,891,000
	Allemagne	667,000	1,517,000
	France	700,000	1,089,000
	Autriche-Hongrie	406,000	519,000
	Espagne	29,000	450,000
	Italie	333,000	367,000
Amérique	États-Unis	861,000	2,634,000
Asie	Japon	"	1,712,000
	Indes anglaises	768,000	1,072,000
Autres pays		56,000	151,860
Totaux		7,323,000	13,353,860

En France, la progression de la seconde moitié du siècle est indiquée au tableau suivant :

PÉRIODES.	SEL		TOTAUX.
	GEMME.	MARIN.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1851-1860	93,200	483,300	576,500
1861-1870	181,800	491,100	672,900
1871-1880	236,000	353,100	589,100
1881-1890	398,200	337,700	735,900
1891-1900	554,900	438,300	993,200

Pour le sel gemme, la plus forte production du territoire français appartient au département de Meurthe-et-Moselle (en 1900, 116,000 tonnes de sel raffiné, 93,000 tonnes de sel brut et 315,000 tonnes de sel en dissolution dans l'eau ayant servi à la fabrication du carbonate de soude). Les gisements de Meurthe-et-Moselle se trouvent intercalés dans l'étage supérieur du trias. Une partie de ces gisements est passée entre les mains de l'Allemagne après la guerre de 1870-1871. Ils sont exploités tantôt à la mine, tantôt par dissolution. Le surplus de l'extraction se répartit entre le Jura, le Doubs, les Basses-Pyrénées, les Landes, la Haute-Saône et la Haute-Garonne.

La surface des marais salants exploités en 1900 était de 17,000 hectares, situés dans douze départements : six sur le littoral de la Méditerranée et six sur les côtes de l'Atlantique (Charente-Inférieure, Loire-Inférieure, Bouches-du-Rhône, Gard, Vendée, etc.).

Nous exportons actuellement 164,000 tonnes de sel et nous en importons 32,000. L'exportation est dirigée principalement vers la Belgique et vers Saint-Pierre (pêche). Quant à l'importation, elle comprend des sels revenant de Saint-Pierre et des sels expédiés du Portugal, d'Algérie, etc.

Les prix du sel ont varié ainsi depuis 1871 :

PÉRIODES OU ANNÉES.	PRIX DE LA TONNE.		
	SEL GEMME BRUT.	SEL GEMME RAFFINÉ.	SEL MARIN BRUT.
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1871-1880	10 00	33 86	13 82
1881-1890	8 14	31 34	18 49
1891-1900	5 91	26 03	13 22
1900	6 00	24 70	9 83

8. *Produits des carrières.* — Dans l'ensemble, les carrières de France contiennent d'immenses richesses de toute nature. L'extraction en 1900 a dépassé 43 millions de tonnes valant plus de 235 millions de francs :

	QUANTITÉS. — Tonnes.	VALEURS. — Millions de francs.
Matériaux de construction..........	24,700,000	152
Matériaux pour l'industrie.........	3,140,000	12
Matériaux pour l'agriculture........	2,420,000	22
Matériaux de pavage et d'empierrement	12,890,000	38
Matériaux d'ornement et divers......	250,000	11

Il m'est impossible de passer en revue des matériaux si divers. Je ne veux insister que sur la bauxite d'où est tiré l'aluminium, sur les phosphates de chaux si utiles à l'agriculture et sur les marbres qui tiennent la première place parmi les roches d'ornement.

Par sa légèreté et son inaltérabilité, l'aluminium convient à de nombreux usages, par exemple à la fabrication des instruments d'optique, de physique, de chirurgie, de musique, ainsi que des ustensiles de table et de cuisine. Même à dose très minime, il modifie les caractères des métaux auxquels il est allié; un millième ou un demi-millième d'aluminium suffit pour empêcher tout dégagement de gaz pendant la solidification de l'acier et pour rendre ce métal plus doux, plus homogène, plus résistant. Le bronze d'aluminium se recommande par sa résistance et rend d'utiles services dans certaines pièces de machines; il donne d'excellents fils. Des indications relatives à la genèse des procédés d'élaboration industrielle de l'aluminium ont été déjà données à propos de l'électro-chimie. Un des composés soumis à cette élaboration est la *bauxite;* pendant l'année 1900, nous en avons extrait 58,500 tonnes (Var, 46,900 tonnes; Bouches-du-Rhône, 10,800; etc.); la production des États-Unis a été de 23,800 tonnes et celle de l'Angleterre de 5,900 tonnes.

La France est riche en *phosphates* de chaux, que l'on rencontre à l'état de nodules, de rognons ou de sable, dans différentes assises de la série sédimentaire, notamment dans le terrain crétacé et le terrain jurassique. C'est vers 1855 que l'exploitation régulière en a été entreprise; l'importante découverte des sables phosphatés de Doullens ne

remonte qu'à 1886. Pendant la période 1886-1900, l'extraction est passée de 184,000 à 588,000 tonnes. Les départements où elle présente le plus d'activité sont : la Somme (279,000 tonnes), l'Aisne (105,000), le Pas-de-Calais (103,000), l'Oise (50,000), la Meuse (12,000), le Gard (9,500), les Ardennes (9,000), le Lot (6,500). On estime à 19 p. 100 la proportion minimum d'acide phosphorique et à 39 p. 100 la proportion maximum. L'excédent des importations sur les exportations a atteint près de 200,000 tonnes en 1900. Notre grande colonie algérienne fournit 320,000 tonnes environ; la valeur de cette production, ajoutée à celle de la production métropolitaine, donne un total dépassant 20 millions de francs. D'autres pays ont également des amas considérables de phosphates : tels la Floride, la Caroline du Sud et le Tennessee aux États-Unis (1,330,000 tonnes en 1898).

En 1900, nos carrières de *marbre* ont produit 154,000 tonnes, dont 117,000 pour le Pas-de-Calais, 14,000 pour le Nord, 7,000 pour l'Isère, 2,800 pour l'Hérault, 2,300 pour la Sarthe, 2,250 pour la Mayenne, 1,600 pour l'Ariège, etc. L'importation a été de 47,000 tonnes et l'exportation de 8,400. Aux États-Unis, l'extraction a un rendement triple de celui des carrières françaises; l'État de Vermont est de beaucoup le plus favorisé.

§ 2. MÉTALLURGIE.

1. Considérations préliminaires. — D'admirables progrès ont été réalisés par la métallurgie au cours du XIXe siècle. Ils se sont particulièrement accusés pendant les dernières années. À peine ai-je besoin d'ajouter que la science y a joué un rôle prépondérant. En même temps que se perfectionnaient les procédés et que s'amélioraient les qualités des métaux, la production acquérait un énorme développement. Le traitement au four électrique et l'électrolyse préparaient une véritable révolution pour certaines industries métallurgiques. Des alliages nouveaux et remarquables apparaissaient et entraient dans la consommation courante.

Parmi les faits scientifiques les plus récents, M. Michel Lévy, auteur d'une magistrale introduction aux rapports du jury international de 1900, cite l'étude méthodique des métaux et de leurs alliages ou combinaisons, la recherche des lois auxquelles obéissent les dissolutions de corps solides les uns dans les autres, la détermination des isoméries et des points critiques de changement d'état [1]. Comme il le rappelle, les auteurs de ces études ont fait de larges emprunts aux diverses branches de la science : à la physique, pour l'observation précise des hautes et des basses températures, des dilatations, de la conductibilité, de l'aimantation; à la chimie, pour l'extension des lois de la dissolution; à la mécanique, pour les essais par traction, par compression, par flexion et par choc; à la minéralogie, pour la mesure de la dureté des corps; à la pétrographie, pour l'examen microscopique des corps opaques et des cristaux en creux provoqués par une attaque superficielle. Ainsi a été recueillie une abondante moisson de données ouvrant la voie à des méthodes précises, qui élimineront complètement l'empirisme du passé.

[1] Il convient toutefois de remarquer, d'une part, qu'en nombre de cas les prétendues solutions solides sont simplement des mélanges intimes d'éléments très divisés, et, d'autre part, que la théorie allotropique destinée à expliquer les propriétés des aciers perd chaque jour du terrain.

2. Sidérurgie. — Il n'est pas d'industrie métallurgique plus importante que celle du fer. La *sidérurgie* montre avec une incomparable ampleur l'espace franchi, au point de vue des applications industrielles de la chimie, comme au point de vue de la hardiesse dans les moyens d'exécution et de la puissance des installations. Peut-être les résultats acquis sont-ils de nature à frapper encore davantage, si l'on considère les abaissements de prix dont les progrès techniques ont été la cause dominante.

1. *Fonte.* — Dans le procédé primitif, mis en œuvre depuis les temps préhistoriques et naguère encore appliqué sous le nom de méthode catalane, le fer et l'acier s'obtenaient par réduction directe du minerai dans un bas foyer, en présence d'un excès de charbon. À partir du XIIIe siècle, apparut une méthode plus facile, ne demandant pas des minerais si riches et si purs. Cette méthode consistait à réduire le minerai et à carburer assez fortement le métal dans la même opération pour obtenir de la fonte, puis à décarburer partiellement la fonte au moyen d'un feu d'affinerie. L'appareil à produire la *fonte* était le haut fourneau, cet instrument merveilleux auquel l'industrie du fer est redevable de sa puissance actuelle. Au début, la hauteur du fourneau ne dépassait guère 7 à 8 mètres; le vent lui venait de grands soufflets analogues au soufflet de forge et généralement mus par une roue hydraulique. Vers 1789, nos hauts fourneaux les plus grands donnaient par vingt-quatre heures 2,500 livres de fonte et brûlaient un poids double de charbon de bois, combustible à peu près seul employé à cette époque, du moins sur le continent. En Angleterre, où la consommation des bois de haute futaie pour la marine présentait une importance exceptionnelle, des mesures législatives avaient été prises dès 1557, afin d'empêcher le déboisement du littoral par les maîtres de forges; les métallurgistes anglais s'étaient, par suite, efforcés de substituer le coke au charbon de bois dans les hauts fourneaux et le problème pouvait être considéré comme résolu depuis le XVIIIe siècle (Abraham Darby, vers 1735).

Alors que la fabrication de la fonte au coke se développait en Angleterre et s'y pratiquait avec des hauts fourneaux de dimensions crois-

santes, la France restait fidèle aux vieilles traditions. Elle n'avait, en effet, ni l'active production de la Grande-Bretagne, ni les mêmes ressources en combustible minéral, ni les mêmes facilités de transport; le bois continuait à ne pas lui faire défaut. D'ailleurs, la fusion au bois demeurait pour nos métallurgistes la seule garantie de la bonne qualité du produit. Théoriquement, le résultat aurait pu sans doute être atteint, même avec le coke, par un choix convenable des matières premières; mais les moyens de communication ne permettaient pas d'aller chercher au loin des minerais spéciaux, propres à modifier, à améliorer d'une façon souvent radicale les minerais du pays. Réduits sous ce rapport aux ressources locales, les fabricants devaient demander à des fontes au bois, employées seules ou en mélange avec des fontes au coke, l'excellence de leurs fers et de leurs aciers. Ajoutons que les ingénieurs les plus expérimentés ne connaissaient pas l'influence exacte des divers éléments de la fonte sur la marche et le résultat de l'affinage, qu'ils ignoraient l'action épurante exercée par certains de ces éléments pendant la marche même du haut fourneau. Il a fallu des études attentives et une expérience prolongée pour les fixer sur la composition de fonte le mieux appropriée à chaque sorte d'affinage, pour les convaincre que souvent les fontes au coke remplacent sans inconvénient les fontes au bois, non seulement dans l'affinage, mais aussi dans le moulage.

Une innovation capitale accomplie vers 1830 fut le soufflage à l'air chaud des hauts fourneaux, dont la hauteur s'était accrue. Cette innovation rendait possible la fonte de matières plus réfractaires et procurait en outre une économie notable de combustible; les calories apportées par le vent venaient en déduction de celles dont la production à l'intérieur du fourneau était nécessaire aux réactions. L'amélioration eût perdu beaucoup de sa valeur si on avait dû brûler du charbon pour le chauffage de l'air: on y utilisa bientôt les gaz perdus sortant du gueulard. Les premiers appareils à air chaud datent de 1828 et sont dus à J. Neilson; ils ont servi de point de départ aux appareils connus sous le nom des usines par lesquelles débuta leur application: appareil Calder, appareil Wasseralfingen, etc.

Quand s'ouvrit l'Exposition de 1867, le combustible végétal avait

presque entièrement cédé la place au combustible minéral. Une augmentation considérable se manifestait dans la production moyenne journalière des hauts fourneaux; les chiffres de 40 à 45 tonnes par jour en fonte d'affinage et de 30 à 35 tonnes en moulages n'étaient pas rares pour les usines bien montées de France, de Belgique et d'Allemagne; en Angleterre, certains fourneaux offraient un rendement bien supérieur, grâce à la richesse des minerais. L'augmentation tenait en grande partie aux dimensions des fourneaux ainsi qu'à la puissance des appareils de chauffage et de soufflage du vent. Des transformations successives avaient amené le remplacement des anciens soufflets en cuir ou des caisses mobiles garnies de liteaux par des machines à double effet, pourvues de pistons et de cylindres en fonte; pour la commande du piston soufflant, l'action directe du piston à vapeur s'était substituée, vers 1845 ou 1850, à l'action indirecte des machines à balancier d'abord en usage sur le continent, suivant le type longtemps adopté en Angleterre; les grandes souffleries verticales du Creusot et de Seraing mettaient en évidence l'étendue des progrès réalisés à cet égard. Limitée originairement à 160 degrés, la température du vent avait été progressivement élevée à 350 degrés, puis à 400 et 450 degrés, par un agrandissement graduel de la surface de chauffe.

En même temps apparaissait dans les usines métallurgiques une nouvelle classe d'appareils de chauffage des gaz fondée sur le principe de la régénération de la chaleur, principe que Robert Stirling avait posé dès 1816 et que reprit ensuite C. W. Siemens. Ce principe consistait à faire circuler tour à tour et en sens inverse, à travers des carneaux sinueux en terre réfractaire, d'une part les gaz brûlés, qui cédaient leur chaleur aux carneaux avant de se rendre dans la cheminée, d'autre part le gaz ou l'air à chauffer, qui reprenait cette chaleur pour aller la porter dans les fours d'élaboration. Siemens avait trouvé tout à la fois des dispositions simples, peu coûteuses, pour la gazéification des combustibles, et résolu habilement le problème de l'obtention des plus hautes températures sans complication des appareils. Cowper (1858) et Whitwell (1865) appliquèrent le principe de la régénération au vent des hauts fourneaux. Les dispositions ainsi créées

et successivement perfectionnées furent en quelque sorte l'âme des progrès de la fonte; elles permirent de pousser le vent à des températures antérieurement inabordables, d'accroître énormément la production, de réaliser d'importantes économies sur le combustible, de faire plus facilement les fontes spéciales que réclame aujourd'hui l'industrie des aciers.

Le jury de 1867 enregistrait aussi des perfectionnements dans l'industrie des fontes moulées. En France, cette industrie ne profitait pas seulement des améliorations de la matière première, c'est-à-dire de la fonte brute; elle avait de meilleurs procédés de moulage : pour les produits ordinaires, elle appliquait largement les méthodes expéditives de fabrication mécanique des moules, qui lui étaient venues d'Écosse.

Après 1867, la capacité des hauts fourneaux reçut de nouveaux accroissements, dont témoignèrent l'Exposition universelle de 1878 et celle de 1889. Un fait caractéristique mis en lumière par cette dernière Exposition était la fabrication de fontes de plus en plus spéciales, telles que les fontes d'alliages à haute teneur de phosphore, de silicium, de manganèse, de chrome, grâce auxquelles les ingénieurs se trouvaient en mesure de préparer, dans des conditions certaines de régularité et de prix de revient, des fers et surtout des aciers doués de qualités particulières. L'initiative de ces produits spéciaux appartenait à la France (usines de Terrenoire) et à l'Autriche-Hongrie (Sava, dans la Carniole); mais l'Angleterre avait suivi de près. D'autres progrès d'un réel intérêt fixaient également l'attention publique : par exemple, l'amélioration des appareils à air chaud et l'emploi rationnel des gaz perdus à l'éclairage des usines ainsi qu'au chauffage des chaudières.

Nous venons de jalonner par quelques repères le chemin parcouru jusqu'à l'approche de la fin du siècle. Cherchons maintenant à marquer les traits essentiels de la situation en 1900.

Parfois, la calcination des minerais de fer s'impose avant leur traitement au haut fourneau. Tantôt cette calcination a pour but d'éliminer la plus grande partie du soufre et, en même temps, de rendre,

par une modification de l'état physique, le minerai plus apte à l'action réductrice des gaz; elle se pratique, à température élevée, dans des fours Westman, où sont brûlés les gaz de haut fourneau et dont la création remonte à 1850. Tantôt l'objet de l'opération est simplement d'éliminer les matières volatiles contenues dans le minerai, notamment l'acide carbonique; on y affecte alors des fours coulants avec abondante admission d'air à la partie inférieure, et il suffit d'une dépense de charbon de 5 à 14 kilogrammes par tonne suivant la division et le degré d'humidité du minerai.

Fréquemment, les minerais doivent être agglomérés, parce qu'ils sont assez menus pour opposer une résistance excessive au passage du vent, même débité sous une forte pression. La méthode usuelle d'agglomération consiste à additionner la matière d'une faible proportion de chaux hydraulique, à l'humecter, à la comprimer énergiquement au moyen de presses, à constituer de la sorte des briquettes ordinairement cylindriques et à sécher ces briquettes.

Les Anglais ont inauguré la construction de hauts fourneaux gigantesques et leur exemple n'a pas tardé à être suivi par les Américains, qui se sont d'ailleurs attachés à pourvoir largement chaque fourneau d'une quantité de vent correspondant à ses dimensions. En 1900, la Compagnie Carnegie possédait des appareils d'une hauteur de 30 mètres et d'une capacité intérieure de 700 mètres cubes, soufflés par 10 tuyères d'air à 1 kilogramme de pression et 1,000 degrés Fahrenheit de température; depuis, elle a établi des installations encore plus puissantes. L'Europe continentale s'est engagée dans la même voie et commence à avoir des hauts fourneaux capables de produire de 150 à 300 tonnes de fonte par vingt-quatre heures, selon la richesse des minerais.

On remarque dans les nouveaux appareils une tendance très nette à dégager la base et même la cuve, à supprimer les revêtements extérieurs en maçonnerie de briques ordinaires, à faire supporter la plateforme du gueulard par des pylônes métalliques, à revêtir les parois de l'ouvrage et du creuset au moyen d'une armature métallique presque continue, à en assurer la réfrigération active par aspersion ou par circulation d'eau, à faciliter la coulée en surélevant la sole du

creuset. L'enlèvement des scories s'effectue soit en gros blocs solidifiés, soit en poches, soit à l'état grenaillé; ce dernier procédé, qui entraîne une dépense d'eau considérable, permet d'utiliser le laitier pour la fabrication de ciment ou de briques et se prête en outre à l'emploi de transporteurs aériens.

Dans la plupart des usines, le chargement a lieu par le système classique du monte-charge; le lit de fusion et le coke sont ainsi montés verticalement dans des brouettes ou des wagonnets, puis roulés jusqu'au gueulard, où des ouvriers procèdent au déversement; ordinairement, le gueulard est fermé pendant les intervalles des manœuvres de chargement. Ce système absorbe beaucoup de main-d'œuvre et détermine des pertes de gaz lors de l'introduction des charges dans le fourneau. Malgré sa simplicité, malgré les avantages qu'il présente pour la desserte simultanée de deux fourneaux par un monte-charge unique, les ingénieurs devaient chercher à l'améliorer : de là sont nés les systèmes de chargement automatique et les dispositifs propres à assurer l'étanchéité du gueulard, spécialement par deux fermetures superposées entre lesquelles est éclusée la charge. Les installations de chargement automatique comportent un plan incliné servant à la circulation des bennes et un treuil de manœuvre généralement placé bien au-dessous du gueulard; il y a intérêt à relever ce treuil au niveau de la plate-forme du gueulard, afin de mieux surveiller le fonctionnement des appareils et aussi afin de ne pas avoir nécessairement un treuil par haut fourneau. Quel que soit le mode de chargement adopté, la reprise des combustibles et des minerais mis en stock constitue toujours une manutention compliquée; les métallurgistes se sont efforcés de la simplifier en y affectant des dragues, en organisant les dépôts de manière à charger par le seul effet de la gravité les wagonnets ou les bennes, etc.

À la sortie du haut fourneau, les gaz contiennent une proportion sensible de poussières, dont ils doivent être débarrassés quand on les utilise sous des chaudières ou dans des appareils de chauffage du vent et surtout quand on les emploie à la production directe de la force motrice. Pour les chaudières, en effet, ces poussières ont l'inconvénient d'adhérer aux surfaces métalliques et d'obstruer les carneaux;

pour les appareils de chauffage du vent, elles amènent également des obstructions et quelquefois provoquent la fusion partielle des empilages; pour les moteurs, elles rendent l'usure des organes très rapide et le graissage fort coûteux. Autrefois, on se contentait d'une précipitation à sec dans des tuyaux en tôle de section et de longueur suffisantes. Du jour où les gaz de haut fourneau ont servi d'agent direct de force motrice, il a fallu rechercher une solution plus complète, recourir au filtrage, au passage à travers une couche d'eau, à la circulation dans des ventilateurs centrifuges à injection, etc. L'expérience n'est pas encore décisive.

La puissance des machines soufflantes n'a cessé de croître. Aujourd'hui, elles débitent jusqu'à 1,600 mètres cubes par minute, sous une pression de 80 centimètres de mercure. Le type vertical compound à grande vitesse paraît prédominer. Des tentatives intéressantes se poursuivent en vue d'actionner les machines soufflantes par des moteurs à gaz de haut fourneau; le problème ne laisse pas d'être délicat, eu égard à la nécessité impérieuse d'une marche absolument régulière; il convient de pouvoir, le cas échéant, recourir aux gaz d'autres fourneaux ou de gazogènes indépendants; une précaution utile, en dépit de la complication qu'elle entraîne, consiste à fractionner la puissance entre plusieurs machines.

Sauf de fort rares exceptions, le chauffage du vent est de pratique courante. Les appareils en fonte ont été conservés dans les usines où il n'est pas nécessaire d'aller au delà de 400 ou 450 degrés, principalement dans celles qui travaillent au charbon de bois. Ailleurs, les appareils sont en terre réfractaire et se rattachent au type Cowper ou au type Whitwell; sur le continent, les préférences vont au type Cowper, qui n'offre pas les facilités de nettoyage en marche du second type, mais qui utilise mieux la masse réfractaire et ne présente pas les mêmes résistances à la circulation du gaz.

Je viens de faire allusion à la fabrication au charbon de bois. Elle subsiste dans l'Oural, en Suède, en Styrie, en Hongrie, en Bosnie, aux États-Unis.

Des variations considérables peuvent exister dans la composition chimique des coulées successives d'un même haut fourneau et engen-

drer des difficultés pour l'affinage en première fusion au convertisseur. À l'origine, les maîtres de forges y remédiaient au moyen d'expédients tels que le mélange, dans une poche, des fontes provenant de plusieurs hauts fourneaux. Depuis, sont apparus les mélangeurs de fonte. Aux États-Unis, ces appareils sont des récipients en tôle rivée, à revêtement intérieur réfractaire, auxquels un système de pistons hydrauliques ou d'engrenages imprime des oscillations; la fonte y est emmagasinée temporairement, chauffée par un jet de gaz naturel ou un brûleur à pétrole, puis évacuée dans les poches qui alimentent les aciéries. En Europe, la forme rappelle celle des convertisseurs. Le passage au mélangeur a pour effet accessoire l'élimination de la plus grande partie du soufre, lorsque la fonte contient du manganèse.

L'industrie du moulage reste une industrie active, absorbant en France le quart de la production de fonte brute. Elle n'a, d'ailleurs, cessé de se perfectionner. Parmi ses produits récents, on peut citer les gros tuyaux avec frettes en acier posées à chaud ou avec frettes en fils d'acier enroulés sous une tension de 20 kilogrammes par millimètre carré, fixés par soudure, puis recouverts d'asphalte; il y a lieu de mentionner aussi les pièces en fonte mélangée d'acier, employées pour boîtes à graisse, chaudières de caustification de la soude, cornues à acide nitrique, etc.

Certaines fontes, coulées dans d'épais moules métalliques et dites *trempées*, acquièrent superficiellement une dureté remarquable, tout en conservant beaucoup de ténacité au-dessous de leur épiderme. Elles servent pour la confection des cylindres de finissage des tôles et pour celle des roues portant les véhicules de chemins de fer ou de tramways.

En 1900, les principaux pays ont produit environ 40 millions de tonnes de fonte, savoir :

	tonnes.		tonnes.
États-Unis........	13,750,000	Belgique..........	1,019,000
Grande-Bretagne et Irlande........	9,103,000	Luxembourg.......	971,000
Allemagne........	7,550,000	Suède............	527,000
Russie..........	2,905,000	Espagne..........	91,000
France..........	2,714,000	Canada..........	86,000
Autriche-Hongrie...	1,455,000	Italie..........	24,000
		Japon..........	21,000

Le tableau suivant récapitule les principales données relatives à la production et à la consommation françaises depuis 1831 :

PÉRIODES ou ANNÉES.	NOMBRE des HAUTS FOURNEAUX		PRODUCTION EN MILLIERS DE TONNES				PRIX MOYEN de LA TONNE.		IMPORTATION EN MILLIERS DE TONNES.	EXPORTATION EN MILLIERS DE TONNES.	CONSOMMATION DE FONTES MOULÉES en milliers de tonnes (3).
	AU CHARBON de bois.	AU COKE.	AU CHARBON de bois.	TOTALE.	de MEURTHE-ET-MOSELLE.	MOULÉE en 1re fusion.	FONTES BRUTES.	FONTES MOULÉES en 1re fusion.			
							fr. c.	fr. c.			
1831-1840..	400	31	248	299,5	(2) 17	41	166 00	284 00	"	"	"
1841-1850..	(1) 372	(1) 67	308	482	36	60	149 00	254 00	"	"	"
1851-1860..	"	"	323	780	82	99	140 50	230 00	"	"	"
1861-1870..	176	205	190	1,191,5	260	98	99 00	185 00	"	"	"
1871-1880..	80	169	91	1,391	327,5	82	99 00	190 00	155	44	341
1881-1890..	24	122	28,5	1,796	801	80	66 00	142 50	202	80	398,5
1891-1900..	6	90	10	2,267	1,386	77	60 00	115 00	155	183	432
1900.......	10	111	15	2,714	1,670	92	80 00	135 00	250	170	552

(1) Moyenne de six années.
(2) Moyenne de sept années.
(3) Non compris les fontes moulées provenant de vieilles matières, dont la production a été de 182.000 tonnes en moyenne pendant la période 1891-1900 et de 178,000 tonnes en 1900.

Plusieurs faits sont nettement mis en lumière par ce tableau : disparition presque complète de la fonte au charbon de bois; augmentation considérable de la puissance productive des hauts fourneaux; réduction progressive du prix de la fonte; énorme accroissement de la production dans le département de Meurthe-et-Moselle, dont la quote-part atteint 60 pour 100. Après Meurthe-et-Moselle viennent, mais très loin en arrière, le Nord (313,000 tonnes), le Pas-de-Calais (100,000 tonnes), Saône-et-Loire (85,000 tonnes), les Landes (78,000 tonnes), le Gard (75,000 tonnes), etc.

2. *Fer et acier.* — Comme je l'ai précédemment rappelé, le fer et l'acier s'obtenaient autrefois par réduction directe du minerai dans un bas foyer, en présence d'un excès de charbon. Ce creuset simple, avec ses tuyères plongeantes destinées à y diriger un courant d'air forcé, servit, dès l'antiquité, au traitement du cuivre, du plomb, de l'argent, de même qu'à celui du fer; on le retrouve aujourd'hui dans les

montagnes de la Haute-Asie et chez les nègres du continent africain. L'opération nécessitait un travail manuel des plus pénibles; elle donnait une loupe de fer spongieux, que l'ouvrier devait marteler et réchauffer plusieurs fois, pour la transformer en une barre propre à la forge. Après avoir brûlé un poids de combustible triple de celui du métal extrait, on avait finalement un bloc de 150 kilogrammes au maximum.

À partir du XVIe siècle, apparut une méthode plus facile, ne demandant pas des minerais si riches et si purs. Elle consistait à produire d'abord de la fonte, puis à décarburer partiellement cette fonte au moyen d'un feu d'affinerie (feu comtois ou feu allemand), qui servait également au corroyage ultérieur des massiaux. Le seul combustible employé était alors le bois.

En même temps qu'ils cherchaient à brûler le coke dans les hauts fourneaux, les métallurgistes anglais s'efforçaient de substituer la houille au bois pour l'affinage. Cette substitution offrait de grosses difficultés avec le bas foyer. L'ingénieur Cort résolut le problème en 1784, par l'application du four à réverbère, déjà utilisé pour la coupellation du plomb et l'épuration du cuivre brut. Malgré les tentatives entreprises dès 1808 dans quelques forges de la Nièvre, le nouveau procédé, dit *anglais*, d'affinage au réverbère ou puddlage ne se répandit chez nous que fort lentement. D'ailleurs, ses résultats laissèrent à désirer jusque vers 1830 ou 1835, époque à laquelle les soles en sable battu des anciens fours furent remplacées par des soles en fonte recouvertes d'oxyde de fer ou de scories basiques.

Après l'invention de Cort, l'Angleterre introduisit, en 1835, dans la pratique le four bouillant qui permettait de puddler sans mazéage préalable et dont l'usage fut la source de grands progrès pour le nouveau mode d'affinage, surtout au point de vue de la qualité des fers. Grâce à un triage sévère des produits, à une surveillance minutieuse des opérations, les fers de Lowmoor arrivaient à rivaliser avec les fers au bois du continent. Calvert et Johnson allaient inaugurer les recherches chimiques sur le puddlage et ouvrir une voie féconde en beaux résultats (1856). De leur côté, les maîtres de forges de la Styrie (1835), puis ceux de la Westphalie (1845), favorisés par la

qualité exceptionnelle de leurs minerais, aboutissaient à la fabrication normale de l'acier puddlé, dont l'apparition eut lieu vers l'époque de la première Exposition universelle. Dès l'Exposition de 1855, on put se rendre compte du pas franchi dans la production et l'emploi des aciers naturels à la houille. C'est aussi à cette Exposition que les visiteurs purent voir pour la première fois l'acier fondu par masses jusqu'alors inconnues et appliqué à des ouvrages, dans lesquels il remplaçait la fonte moulée : conquête d'un haut intérêt, dont les fours Siemens devaient bientôt étendre la portée en donnant le moyen de fondre des quantités importantes d'acier à l'aide de combustibles inférieurs et avec une économie notable sur les anciens procédés de fusion à la houille et au coke dans les fours à creusets.

Une transformation plus radicale de l'affinage des fontes ne tarda pas à sortir de tous ces efforts. En 1855, Sir Henry Bessemer proposa la conversion directe de la fonte en acier fondu par le passage au travers de la masse en fusion, dans une grande cornue, de jets d'air fortement comprimé : l'air accomplissait, à lui seul, l'oxydation, la chauffe et le brassage de la matière métallique. La brillante collection de produits exposée par Bessemer à Londres, en 1862, montra qu'à cette date le procédé était industriel : déjà, la Suède et l'Allemagne l'avaient expérimenté avec succès; la Belgique et la France commençaient à y recourir.

L'Exposition universelle de 1867 attesta le rapide essor du procédé Bessemer. Toutefois la métallurgie n'avait encore obtenu au convertisseur que des aciers à haute dose de carbone, et cela avec des fontes provenant de minerais de choix. Le rapporteur du jury faisait remarquer que, pour les aciers fins, le métal sorti des convertisseurs Bessemer constituait seulement un demi-produit et nécessitait des élaborations supplémentaires (seconde fusion au creuset, martelages, etc.), sans lesquelles il n'aurait eu ni la qualité ni la pureté voulues. M. Lan constatait, de plus, l'insuccès des tentatives entreprises pour obtenir régulièrement du fer fondu, pour s'arrêter exactement au point requis de la conversion, quelle que fût la nature de la fonte. Il en concluait que le bas foyer ou mieux le four à puddler restait l'appareil le mieux approprié à la préparation du fer nerveux et capable de

IMPRIMERIE NATIONALE.

grands allongements. Ses conclusions étaient les mêmes relativement aux fers communs, la cornue Bessemer n'ayant encore réussi nulle part avec les fontes médiocres au coke.

Si le procédé Bessemer n'était pas considéré comme susceptible de détrôner entièrement le puddlage, on n'espérait non plus rien de semblable du procédé Siemens-Martin, qui faisait alors ses débuts. Depuis longtemps et à diverses reprises, la métallurgie avait essayé de produire de l'acier ou du fer fondu au réverbère ordinaire sans creuset; mais l'élévation de la température au degré voulu soulevait de grosses difficultés, et cette méthode ne pouvait devenir pratique qu'après l'invention des fours à gaz. C'est dans un four Siemens que P. Martin, de Sireuil, parvint, en 1865, à obtenir de l'acier fondu par le traitement de riblons mélangés avec la quantité de fonte nécessaire pour en limiter l'oxydation. Un autre procédé consistant à affiner la fonte par le minerai (*ore process*) fut longtemps expérimenté par C. W. Siemens à Landore (pays de Galles); l'introduction de la sole basique put seule le rendre industriel.

La conviction que le puddlage était toujours appelé à conserver sa place à côté des nouveaux procédés se traduisait par des essais ayant pour but d'économiser la main-d'œuvre dans les fours à puddler. En effet, le brassage (puddling) constitue l'une des opérations qui épuisent le plus les forces de l'homme et qui comportent la rémunération la plus forte : on devait donc chercher à faire cette opération mécaniquement. Tel fut l'objet des agitateurs automatiques, comme ceux de Lemut (1862), et des méthodes consistant à faire mouvoir le four lui-même ou au moins la sole (fours rotatifs, oscillants, à sole tournante). En 1867, aucun de ces dispositifs n'assurait encore tout ensemble une perfection suffisante de l'affinage et une économie sensible des frais de façon.

Pendant la période de 1867 à 1878, on vit les deux procédés Bessemer et Martin se développer parallèlement et parfois se combiner. Dans les aciéries Bessemer, les études étaient partout dirigées vers l'économie du combustible; cette économie s'imposait surtout en Suède, où les usines sidérurgiques subissaient une crise redoutable due à la concurrence de l'acier fondu et à son emploi de plus en plus

général pour de nombreux usages, antérieurement réservés aux excellents fers de ce pays. Quant à l'acier Martin-Siemens, il commençait à partager avec l'acier Bessemer l'alimentation du monde entier, pour les aciers de grande consommation; après avoir fonctionné au début avec 1,200 à 1,500 kilogrammes de matières, sans pouvoir fournir plus de deux opérations par vingt-quatre heures et en consommant 900 kilogrammes de combustible par tonne de lingots, les fours Martin-Siemens arrivaient, en 1878, à recevoir des charges de 5,500 kilogrammes, à terminer chaque opération en sept ou huit heures, à produire ainsi 18 tonnes en vingt-quatre heures, à ne consommer que 400 kilogrammes de charbon aux gazogènes par tonne de lingots. On considérait alors comme un progrès l'application du four Pernot à sole tournante dans la fabrication de l'acier Martin, de manière à faciliter les réparations tout en diminuant les dépenses de combustible; mais depuis, ce four a été abandonné.

Parmi les divers avantages du four Martin-Siemens, l'un des plus essentiels était de permettre aisément le mélange des fers et des fontes à divers dosages de matières étrangères. Ce fut la source des remarquables études poursuivies par la Société de Terrenoire sur les aciers à dose variable de carbone, de manganèse, de phosphore, et sur les aciers sans soufflures obtenus par l'addition des alliages fer-manganèse-silicium. Représentées en 1878 au moyen d'une série d'échantillons et d'analyses, ces études ouvrirent à la métallurgie des aperçus nouveaux.

Le procédé basique de déphosphoration des fontes au convertisseur Bessemer, qui a illustré les deux noms de Thomas et Gilchrist et s'est brillamment affirmé à l'Exposition de 1889, date précisément de 1878. Reprenant les idées théoriques émises en 1869 par Émile Muller et en 1875 par Gruner, Thomas et Gilchrist furent les initiateurs de ce traitement des fontes phosphoreuses, origine d'une véritable révolution industrielle. Trois faits caractérisaient la méthode Thomas-Gilchrist : le garnissage du convertisseur en dolomie frittée, pour résister à la désagrégation et à l'attaque de la scorie basique; une forte addition de chaux, pour assurer la basicité de la scorie; le sursoufflage au delà du départ du carbone, pour éliminer le phosphore

de la fonte. Grâce au procédé Bessemer basique, on pouvait non seulement fabriquer des aciers avec des fontes antérieurement réputées impropres à cet usage, mais aussi produire des aciers doux, extra-doux et même soudables, qui, dans des cas nombreux, remplaçaient avantageusement le fer puddlé. Le succès a été si rapide que, dès 1888, les statistiques n'évaluaient pas à moins de 2 millions de tonnes la masse d'acier préparée pendant l'année par la méthode Thomas et Gilchrist; depuis 1879, la production totale avait atteint 8 millions et demi de tonnes. En se reportant à l'époque encore récente où les fontes à acier exigeaient des minerais de choix, en se rappelant les prix élevés auxquels se vendaient alors les produits, il était facile d'apprécier la haute valeur d'une invention qui permettait de se servir des minerais les moins estimés et les plus répandus, qui nivelait les prix du fer et de l'acier. Les chiffres cités plus haut disent éloquemment l'étendue des services qu'elle avait rendus à l'industrie.

Dans plusieurs pays, la fabrication s'était déplacée, passant des régions de minerais purs aux régions de minerais communs. Cela avait été un coup de fortune pour le bassin minier de Meurthe-et-Moselle, notamment pour Longwy et Jœuf.

Notons encore à l'actif du procédé Thomas que le phosphore enlevé au métal se retrouve allié aux scories sous forme d'acide phosphorique, que ces scories se vendent comme amendement et qu'il y a là, dès lors, un double service rendu aux industriels et aux cultivateurs.

À côté de cette invention capitale, il en était une autre moins importante, mais digne cependant d'être signalée. Le procédé Bessemer nécessitait des installations coûteuses et restait peu accessible aux usines à production limitée. Divers ingénieurs cherchèrent à créer des réductions satisfaisantes de l'outillage Bessemer. Une solution recommandable parmi beaucoup d'autres, celle du convertisseur G. Robert, fut présentée à l'Exposition de 1889. L'inventeur avait réussi à maintenir une température convenable, malgré le refroidissement dû au faible volume de la masse en fusion, et à affiner des charges ne dépassant pas 500 kilogrammes, tandis que les appareils Bessemer opéraient sur des charges de 8 à 10 tonnes.

L'application des garnitures basiques aux fours à sole chauffés par

le gaz permettait également d'y traiter des fontes jusque-là impropres à l'obtention de l'acier Martin, mais non peut-être des fontes aussi phosphoreuses qu'avec le convertisseur Thomas, qui demeurait l'instrument de la déphosphoration proprement dite. Eu égard à la facilité de la conduite du travail, les fours à sole se prêtaient admirablement à la préparation des produits les plus variés et les plus soignés.

Une invention récente, celle de la garniture neutre en fer chromé de MM. Valton et Rémaury, tendait à faire de la cuvette du four à sole un vase aux parois à peu près inattaquables. Elle promettait de fournir des aciers extra-doux ou fers fondus, rivalisant avec les meilleurs fers au bois. L'expérience a prouvé que la garniture se réduit partiellement, introduit du chrome dans le bain métallique et donne une certaine dureté aux aciers.

L'extension prise par la fabrication des aciers fondus avait eu pour conséquence inévitable un amoindrissement très marqué de la production des anciens métaux, des fers fins puddlés et affinés, auxquels ces aciers se substituaient dans maintes circonstances.

Cet aperçu historique rendra très brèves les indications qu'il me reste à fournir au sujet de la situation en 1900.

L'affinage de la fonte au bas foyer accuse une rétrogradation bien marquée. En France, il a presque disparu. La Suède est le seul pays où il ne faiblisse pas : aujourd'hui encore, le fer soudé s'y prépare pour ainsi dire exclusivement au bas foyer. Deux méthodes sont en présence dans les forges suédoises, la méthode wallonne et celle du Lancashire. La première a pour caractérisques la prédominance de l'affinage par le vent, le faible poids des loupes obtenues, leur réchauffage dans un bas foyer distinct avant l'étirage en barres; ne donnant pas plus de 10 tonnes par semaine et par foyer, entraînant un déchet de 20 p. 100 sur le poids de la fonte et consommant 21 mètres cubes de charbon de bois par tonne de fer en barres, elle est très coûteuse, mais fournit des produits d'une pureté exceptionnelle. Plus économique, la méthode du Lancashire est aussi moins parfaite; le foyer voûté comporte deux tuyères sur les parois latérales et un dispositif de refroidissement de la sole par l'eau; à la sortie, les flammes

vont successivement réchauffer la fonte destinée à l'opération suivante, puis circuler dans un appareil tubulaire servant au chauffage du vent; souvent on adjoint au bas foyer un réverbère qui porte les massiaux à la température d'étirage.

Bien que, d'une manière générale, il soit en décroissance sensible, le puddlage ne touche pas à la fin de sa carrière; il reçoit même certaines applications nouvelles, comme dans l'Oural où le four à puddler au bois remplace le bas foyer. Aucun perfectionnement remarquable ne lui a, d'ailleurs, été apporté pendant les dernières années du siècle. De nombreuses usines continuent à pratiquer le puddlage bouillant des fontes fines. Dans presque tous les pays, la production du fer puddlé se maintient à un niveau assez élevé, malgré la concurrence croissante du métal fondu; cela tient aux habitudes acquises et à des préventions excessives au sujet de la soudabilité du métal obtenu par fusion. Le puddlage mécanique n'offre plus qu'une importance secondaire; on a cessé l'installation de nouveaux fours Lemut; les fours rotatifs n'ont pas répondu aux espérances et leur rôle se limite à la préparation de massiaux qui vont au four Siemens-Martin après cinglage. Il y a lieu de remarquer que les statistiques confondent ordinairement la production du fer de riblon avec celle du fer puddlé; une distinction est, au surplus, difficile entre les deux modes de fabrication.

La fusion au creuset, après cémentation ou puddlage des matières premières, fut longtemps l'unique moyen d'obtenir des masses d'acier homogènes et exemptes de scories. Actuellement, sa part dans l'ensemble de la production du métal fondu est tout à fait secondaire; elle fournit certains aciers spéciaux pour outils, obus, tôles ou fils de résistance exceptionnelle, etc.

Alors que le convertisseur à garnissage acide gardait la prédominance en Angleterre, en Suède, en Russie, aux États-Unis, la variante basique du procédé Bessemer s'est, au contraire, développée rapidement en Allemagne et dans l'Est de la France. Quel que soit le garnissage, les grands convertisseurs se rattachent, depuis 1860, au type oscillant sur tourillons autour d'un axe horizontal, avec soufflage par le fond; ils présentent généralement la forme d'un cylindre prolongé vers le haut

par un tronc de cône oblique et terminé vers le bas, soit par un fond plat, soit et plus souvent par un tronc de cône symétrique du premier; l'enveloppe est en tôle rivée. De nombreux orifices distribuent le vent, qui arrive par l'un des tourillons; ces orifices se trouvent répartis uniformément sur le fond ou groupés dans des tuyères en terre réfractaire; pour les convertisseurs à garnissage basique, les tuyères ordinaires peuvent être remplacées avec avantage par des tuyères en magnésie, qui assurent aux fonds une durée beaucoup plus grande (60 à 100 coulées, au lieu de 25 à 35). La manœuvre s'effectue à l'aide d'un piston hydraulique, d'une crémaillère et d'un pignon. Il y a similitude entre les machines soufflantes desservant les convertisseurs et celles des hauts fourneaux; la pression normale est de 2 kilogrammes par centimètre carré. Des engins et des dispositifs mécaniques servent à la manœuvre des poches de coulée, en particulier à leur conduite vers des rangées de lingotières sur trucs; les lingotières sont elles-mêmes envoyées immédiatement aux halles de démoulage et de laminage; grâce à la rapidité des transports, les lingots se refroidissent peu et peuvent être réchauffés dans des conditions économiques. On coule à part les scories des convertisseurs basiques; puis, afin de les amener à l'état commercial, on les broie finement et on les débarrasse des grenailles métalliques. Les aciers produits peuvent former une gamme complète depuis le métal extra-doux contenant à peine des traces de carbone jusqu'au métal dur; un recuit, sans modifier sensiblement leur résistance à la rupture et leur allongement, les rend moins cassants.

Pour les petits convertisseurs, affectés d'ordinaire à la fabrication des moulages, les métallurgistes sont revenus assez souvent au soufflage latéral expérimenté à l'origine par Bessemer et bientôt abandonné. Ce mode de soufflage donne de forts déchets, ne fournit que des produits d'une homogénéité médiocre et détermine une corrosion rapide de la paroi au-dessus des tuyères.

L'affinage sur sole acide, avec ou sans addition de minerai, s'est largement répandu en Angleterre d'abord, aux États-Unis ensuite. Quant à l'affinage sur sole basique, il a pris son développement initial dans l'Europe continentale et tend à se propager aux États-Unis.

La variante basique a beaucoup plus d'élasticité que la variante acide, permet de refondre tous les riblons indistinctement, se prête à l'affinage de fontes trop peu phosphoreuses pour un traitement avantageux au convertisseur, donne d'excellents fers fondus, pourvu que les matières ne soient pas sensiblement sulfureuses, paraît devoir remplacer le puddlage dans un grand nombre de cas et même l'affinage au convertisseur pour certaines fabrications. Elle demande des minerais ne contenant qu'une faible proportion de silice, 3 à 4 p. 100, et nécessite une température notablement plus élevée que le travail sur sole acide. Parfois, la coulée s'effectue directement dans des lingotières portées par des chariots; ordinairement, elle est faite par l'intermédiaire d'une poche-locomotive qui dessert les fours et va, dans un autre atelier, alimenter les lingotières en fosse ou sur truc. Les scories de déphosphoration se préparent comme celles des convertisseurs; elles sont un peu moins riches en acide phosphorique. Une question intéressante est celle de l'augmentation du nombre des coulées; on a cherché à la résoudre par divers moyens, tels que l'introduction de la fonte à l'état liquide avec interposition de chaux protégeant la sole magnésienne, traitement préalable au Bessemer acide et achèvement sur sole basique, méthode Bertrand-Thiel de transvasement d'un four à l'autre. À cette question se rattache celle du chargement mécanique des fours, qui présente une réelle importance surtout quand les riblons prédominent dans la composition de la charge; parmi les solutions, il y a lieu de citer celle des fours oscillants, auxquels des pistons hydrauliques donnent l'inclinaison nécessaire pour y introduire les matières à l'aide de couloirs en tôle; l'Europe emploie peu le chargement mécanique. M. Talbot (Pensylvanie) est arrivé à rendre l'affinage presque continu, avec des fours Wellmann dont le mouvement d'inclinaison ne sert qu'à la coulée; il coule, à des intervalles rapprochés, une fraction de la charge et la remplace par une quantité équivalente de fonte additionnée de minerai. Plusieurs tentatives de soufflage dans le bain métallique ont échoué : les projections de scories détruisaient trop rapidement la sole ou la voûte.

Dans la plupart des cas, les lingots d'acier contiennent des soufflures dues soit au dégagement de gaz pendant la solidification du

métal liquide, soit à la contraction de ce métal après solidification superficielle. M. Brinell (Suède), reprenant les expériences de Terrenoire, a établi d'une manière précise l'influence bienfaisante, à cet égard, du silicium, du manganèse, et principalement de l'aluminium. Un autre procédé pour la suppression des soufflures est la compression énergique du lingot au moyen d'un piston hydraulique, durant la solidification; il exige un matériel coûteux et ne convient pas aux fabrications courantes.

La fabrication des moulages d'acier ne remonte pas au delà de la seconde moitié du siècle. Difficile et onéreuse lorsque le creuset donnait seul de l'acier liquide, elle n'a grandi qu'après l'apparition des fours Siemens-Martin, puis des petits convertisseurs. Ces derniers appareils, sans régler aussi exactement que les fours Siemens-Martin la composition du métal, s'imposent pour les productions restreintes; ils travaillent vite et fournissent un acier très fluide, quoique doux. Une difficulté sérieuse réside dans la préparation des moules, qui doivent être fortement réfractaires, avoir été étuvés à haute température et offrir des garanties contre les accidents de retrait. Ici, l'unique moyen d'éviter les soufflures est l'addition de silicium, de manganèse ou d'aluminium. L'application méthodique du recuit, parfois suivi d'un refroidissement rapide à l'air, améliore notablement les coefficients mécaniques du métal. En recourant à l'arc électrique ou à l'aluminothermie, on est parvenu à réparer extérieurement les pièces par application de métal fondu.

Tantôt les lingots d'acier sont laminés, tantôt ils subissent le forgeage; cette dernière opération est réservée aux pièces spéciales et son champ tend à se restreindre par suite du développement des applications de l'acier moulé. Préalablement au laminage, le lingot doit être porté à une température plus ou moins élevée. Autrefois, on le laissait se refroidir complètement avant de le réchauffer; cette pratique est aujourd'hui exceptionnelle, car elle augmente la dépense de combustible et expose à des fissures au moins superficielles. Quelquefois, on supprime tout réchauffage en introduisant les lingots dès leur démoulage dans des pits ou fosses à parois réfractaires, où l'excès de chaleur de la partie centrale du métal relève la température des zones super-

ficielles (méthode imaginée par M. Gjers); dans certaines usines, les pits sont chauffés extérieurement d'après le système Siemens. En tout cas, il importe de réduire au minimum le refroidissement des lingots démoulés; maintenant, le démoulage s'exécute le plus près possible des pits ou des appareils de réchauffage, à l'aide d'engins mus par l'eau sous pression ou l'électricité. Un pont roulant porte les lingots chauds au basculeur, qui les couche sur les rouleaux du premier train (blooming); le déplacement transversal et le retournement de ces lingots sont obtenus au moyen d'appareils à commande hydraulique; de petits moteurs réversibles à vapeur ou des moteurs électriques mettent les rouleaux en mouvement. À la sortie du train, le bloom est ordinairement découpé par des cisailles hydrauliques. Les blooms destinés à la vente peuvent être repris par des transporteurs qui les versent dans un wagon; ceux qui sont destinés à l'étirage immédiat vont au laminoir, selon les cas, sans avoir été réchauffés ou après réchauffage dans des fours horizontaux, les uns chauffés directement, les autres se rattachant au type Siemens; les manœuvres se font mécaniquement. Généralement, le laminage des billettes, poutrelles, rails et autres profils de grande section est effectué par un duo réversible; celui des grosses tôles et des larges plats, par un train réversible puissant; etc.

Actuellement, les machines à vapeur employées pour la commande des trains de laminoirs ont une puissance considérable. Pour les trains à rotation continue, ce sont des machines à un seul cylindre ou des machines compound tandem. Pour les gros profils, les machines réversibles s'imposent; au point de vue de la régularité du fonctionnement, l'emploi de trois cylindres à 120 degrés donne des résultats satisfaisants; certaines machines vont jusqu'à 10,000 chevaux; la commande a lieu par servo-moteurs.

Une des fabrications les plus dignes d'attention est celle des plaques de blindage. Il convient de distinguer entre les blindages de forte épaisseur, capables d'arrêter les projectiles qui les frappent sous un angle d'incidence accusé, et les plaques de pont de faible épaisseur, destinées à faire ricocher les obus. Les blindages de forte épaisseur exigent une grande dureté, au moins superficielle, unie à une duc-

tilité suffisante, qualités dans une certaine mesure incompatibles et devant être plus ou moins sacrifiées l'une à l'autre. Autrefois, le peu de dureté relative des projectiles et leur médiocre puissance de pénétration conduisaient à la prédominance de la résistance au choc et à l'emploi du fer puddlé. L'augmentation du calibre et de la vitesse des projectiles amena à des accroissements d'épaisseur compromettants pour la navigabilité, et bientôt, la substitution d'obus en fonte trempée aux obus en fonte ordinaire compliquant encore le problème, les métallurgistes durent, à partir de 1877, recourir soit à l'acier homogène au carbone, soit à une paroi extérieure en acier dur soudée sur un sommier en fer (procédé Wilson). Plus tard, l'adoption des projectiles en acier forgé et trempé rompit de nouveau l'équilibre; il fallut ajouter à l'acier, soit du nickel seul, soit du nickel et du chrome. Ces additions exagèrent les difficultés du travail mécanique, quand l'épaisseur devient un peu grande. Aussi préfère-t-on maintenant, pour les plaques très épaisses, un durcissement superficiel, qui comporte, par exemple, les manipulations suivantes: chauffage de la surface extérieure au contact du charbon de bois, pendant un délai de plusieurs jours; refroidissement sous la couche de charbon jusqu'à la température du rouge sombre; réchauffage pour gabarier définitivement la plaque; nouveau réchauffage et trempe par arrosage de la surface carburée; recuit local au moyen de l'électricité ou de l'aluminothermie, à l'emplacement des trous de boulons; finissage à la meule d'émeri. En ce qui concerne les plaques de pont, la qualité essentielle est la ductilité; au fer puddlé de qualité supérieure a succédé, en 1887, l'acier extra-doux. Des essais ont été entrepris en vue de la fabrication des plaques par moulage.

Le travail de grosse forge se répartit entre deux types distincts d'appareils : pilons et presses. On est tout étonné, en se reportant aux rapports sur les anciennes Expositions, de voir avec quel enthousiasme Michel Chevalier, organe du jury de 1849, citait les marteaux-pilons «du poids énorme» de 3,000 à 4,000 kilogrammes. Ces merveilleux engins n'étaient que des joujoux, à côté du marteau de 80 tonnes que le Creusot exposait en 1878 et qu'il destinait à la fabrication des canons de 120 tonnes ou des blindages de 0 m.70 à 0 m.80. Malgré la

concurrence naissante des presses, les dimensions des marteaux-pilons ont continué à croître et leur poids a atteint 125 tonnes. Néanmoins ils sont restés d'une souplesse admirable, obéissant à la main de l'homme avec une docilité merveilleuse, pouvant au gré du forgeron broyer une masse gigantesque de métal ou fendre délicatement une coquille de noisette : c'est un jeu que le préposé au marteau ne manque pas de pratiquer devant les visiteurs de distinction. Depuis quelques années, on n'installe plus de pilons d'une puissance exceptionnelle.

Un mouvement très marqué se manifeste en faveur de la substitution des presses hydrauliques aux appareils de choc. Les presses peuvent être alimentées d'eau sous pression, soit directement, soit par l'intermédiaire d'accumulateurs, au moyen de pompes que commandent des machines à vapeur à rotation continue; mais ce système entraîne des dépenses élevées de premier établissement, une fâcheuse complication de fonctionnement et des risques d'avaries. Mieux vaut l'action directe de la vapeur sur un piston multiplicateur; l'installation devient économique et la manœuvre très simple. La puissance des presses atteint 14,000 tonnes.

Quel que soit le procédé de forgeage, un intérêt capital s'attache à ce que l'organisation des appareils de levage et de manœuvre permette d'éviter toute perte de temps. Les ponts roulants prévalent sur les grues, depuis qu'on y a adapté des moteurs électriques.

La fabrication des tubes et pièces embouties s'est beaucoup développée et a subi de profondes modifications, grâce à la résistance et à la ductilité des nouveaux métaux fondus. Jadis, les tubes étaient soudés par rapprochement, suivant la méthode Whitehouse, brevetée en 1825. Ensuite vint la soudure par recouvrement, que l'Angleterre avait inaugurée vers 1842 et que MM. Mignon et Rouart installèrent chez nous vingt ans plus tard. À partir de 1880, Brunon et Valette, Ehrhardt, Mannesmann, Robertson ont créé des procédés sans soudure. Ces procédés consistent soit à emboutir progressivement des disques en tôle, soit à faire pénétrer des mandrins ou des poinçons dans des blocs compacts dont la matière se trouve refoulée latéralement, soit à laminer une barre ronde entre des cylindres dont les axes ne sont pas dans le même plan. La fabrication des ébauchés

est généralement suivie d'un étirage et d'un laminage sur mandrin. On obtient ainsi des obus, des bouteilles à fond pour gaz comprimés, des tubes ayant jusqu'à 17 mètres de longueur et 0 m. 10 de diamètre. Le matriçage s'applique parfaitement à l'acier dur, à l'acier au nickel.

À l'époque de l'emploi exclusif du combustible végétal, les produits ferreux étaient, à l'exception des fontes grises, des composés de fer et de carbone, que l'on classait, suivant la proportion de ce métalloïde, parmi les fers, les aciers ou les fontes; seules, les fontes grises contenaient un peu de silicium, dont le rôle restait d'ailleurs mal connu, comme celui du manganèse entrant parfois dans la composition de la fonte. Le changement de régime dû à l'usage du combustible minéral et au chauffage plus intense du vent amena la production de fontes plus riches en silicium ou en manganèse, qui trouvèrent un débouché important dans l'industrie du métal fondu. Ainsi naquit l'industrie des fontes spéciales. Bientôt parurent les ferro-chromes et les ferro-tungstènes, puis une série d'alliages ou aciers spéciaux, caractérisés soit par l'introduction isolée du nickel, du molybdène, du vanadium, etc., soit par l'intervention simultanée de plusieurs de ces corps, seuls ou associés avec le carbone, le manganèse, le silicium.

Quelques indications sur les aciers spéciaux ne seront pas inutiles. Mais auparavant, il convient de rappeler les propriétés des aciers purs au carbone de Suède. L'augmentation de la teneur en carbone, du moins jusqu'à un certain chiffre, relève la limite d'élasticité apparente et la résistance à la rupture; elle diminue l'allongement.

Additionnés de silicium, les aciers doux continuent à se forger assez facilement jusqu'à la teneur de 4 p. 100; au delà de ce chiffre, leur travail à chaud devient difficile; la difficulté s'atténue avec une proportion plus forte de carbone. Pour une résistance donnée, les alliages au silicium ont une limite élastique et un allongement supérieurs à ceux des aciers au carbone. La trempe, même à une température très élevée, ne modifie pas sensiblement leurs propriétés mécaniques, s'ils sont exempts de carbone; dans le cas contraire, elle relève les limites d'élasticité et de résistance, sans changer beaucoup l'allongement de rupture ni la striction; un recuit est indispensable.

Les aciers au manganèse se forgent sans peine jusqu'à une teneur de 18 p. 100, mais sont très durs et deviennent impossibles à percer au-dessus de 8 ou 9 p. 100. Allié à l'acier dans une proportion de 3 ou 4 p. 100 au plus, le manganèse relève notablement la limite d'élasticité et la résistance à la rupture, tout en laissant à l'allongement une valeur suffisante. De 4 à 8 p. 100, la fragilité et la faible résistance des alliages les rend impropres à toute utilisation pratique. Au delà de 8 p. 100, leurs propriétés se transforment; très durs et très tenaces, ils conservent une limite d'élasticité de valeur moyenne et acquièrent un allongement avant rupture considérable; en outre, de même que les aciers à haute teneur en nickel, ils s'adoucissent par la trempe à l'eau, suivie d'un fort recuit.

Réunis, le silicium et le manganèse fournissent des aciers moins fragiles que ceux au silicium, moins durs et un peu plus faciles à forger que ceux au manganèse. Les effets de la trempe à l'eau se rapprochent de ceux qui ont été indiqués pour les aciers au silicium seul.

En ajoutant du chrome aux aciers peu carburés, on obtient un métal facile à forger et à travailler. La limite élastique et la résistance à la rupture de ce métal, après recuit, sont voisines de celles des aciers à teneur moyenne en carbone; mais elles se relèvent notablement par la trempe et le recuit au rouge sombre; l'allongement de rupture prend alors une valeur moyenne et la striction reste fort élevée. Quand la proportion de chrome atteint 20 ou 30 p. 100, le métal accuse une extrême fragilité perpendiculairement au sens du laminage, ce qui semble résulter d'une structure en aiguilles allongées suivant la direction de l'étirage.

Depuis vingt ans, l'industrie emploie des aciers au chrome et au carbone. Ils sont durs, tenaces; néanmoins leur allongement assez fort permet de les utiliser dans les applications exigeant une haute résistance au choc.

Une fois recuits, les aciers à faible teneur en tungstène ont des propriétés analogues à celles des aciers d'une teneur moyenne en carbone; cependant leur limite élastique est plus élevée. La trempe à l'eau et le recuit au rouge sombre relèvent leur résistance et leur limite élastique, en même temps qu'ils leur laissent un allongement de rupture

de 8 à 12 p. 100. Avec 6 p. 100 de tungstène et 10 p. 100 de manganèse, on obtient un acier dit *infernal*, dont la dureté s'intercale entre celles du feldspath et du quartz.

Le molybdène produit des effets semblables à ceux du tungstène, mais plus accentués. Après trempe et recuit, les aciers au molybdène acquièrent une résistance à la rupture pouvant dépasser 170 kilogrammes par millimètre carré.

Vers la fin du siècle, les aciers au nickel sont franchement entrés dans la période de production industrielle. L'étude de leurs propriétés mécaniques reste pourtant incomplète. Une addition de nickel, jusqu'à 6 ou 7 p. 100, aux aciers peu carburés augmente leur résistance à la rupture, relève surtout leur limite élastique et leur laisse un allongement considérable; un refroidissement rapide à l'air les rend très durs, difficiles à travailler, et ils ne reviennent à l'état malléable que par un recuit prolongé. Alliés à 0.3 ou 0.4 p. 100 de chrome, les mêmes aciers présentent, après recuit, les caractéristiques suivantes: limite élastique, 40 à 45 kilogrammes; résistance à la rupture, 55 à 65 kilogrammes; allongement, 15 à 18 p. 100. Entre 7 et 15 p. 100 de nickel, les meilleurs résultats sont obtenus avec une très faible teneur en carbone et moyennant un recuit prolongé: limite élastique, 75 kilogrammes; résistance à la rupture, 115 à 120 kilogrammes; allongement, 16 p. 100. Quand la proportion de nickel atteint ou dépasse 16 p. 100 et celle du carbone 0.4 ou 0.5 p. 100, les propriétés éprouvent une modification profonde et se rapprochent, notamment après la trempe à l'eau, de celles des aciers à haute teneur en manganèse. Pour une teneur de 25 p. 100 en nickel, on trouve: limite d'élasticité, 25 kilogrammes; résistance à la rupture, 65 à 75 kilogrammes; allongement, 55 p. 100. Les alliages riches sont dépourvus de dureté, à moins qu'ils ne contiennent un autre corps exerçant par lui-même une action durcissante. Cinq à six millièmes de chrome déterminent, après recuit, un durcissement remarquable et donnent une limite élastique de 90 kilogrammes, une résistance à la rupture de 110 kilogrammes, un allongement de 10 à 14 p. 100. Aujourd'hui, le métal à 20 ou 25 p. 100 de nickel, 0.5 à 0.6 de chrome et 0.6 à 0.9 de manganèse est d'un usage fréquent

pour les pièces mécaniques de grande résistance; les aciers à 20 ou 25 p. 100 de nickel et 2 ou 3 p. 100 de chrome sont aussi employés et se distinguent par leur allongement. Les propriétés mécaniques des aciers au nickel semblent liées à d'autres propriétés physiques anormales, telles que propriétés magnétiques différentes suivant les températures, variations de volume, etc.

En 1900, la production dans les principaux pays a dépassé 8 millions de tonnes de fer et presque atteint 30 millions de tonnes d'acier. Les tonnages des deux métaux réunis sont:

États-Unis	12,817,000 tonnes.
Allemagne et Luxembourg	7,372,000
Grande-Bretagne et Irlande	5,981,000
France	1,935,000
Russie	1,877,000
Autriche-Hongrie	1,331,000
Belgique	927,000
Suède	488,000
Italie	307,000
Espagne	198,000

Les principales données relatives à la production et à la consommation françaises depuis 1830 ou 1840 sont récapitulées ci-après:

FER.

PÉRIODES ou ANNÉES.	NOMBRE des FOURS À PUDDLER.	PRODUCTION EN MILLIERS DE TONNES		PRODUCTION des TÔLES EN MILLIERS de tonnes.	PRIX MOYEN de LA TONNE.		IMPORTATION en MILLIERS de TONNES.	EXPORTATION en MILLIERS de TONNES.	CONSOMMATION en MILLIERS de TONNES.
		au charbon de bois.	totale.		FERS marchands spéciaux.	TÔLES.			
					francs.	francs.			
1831-1840.	(1) 234	104	196	18	421	684	"	"	"
1841-1850.	(2) 370	97	302	32	354	(2) 591	"	"	"
1851-1860.	"	96	479	64	340	(3) 486	"	"	"
1861-1870.	1,049	72	783	91	241	345	"	"	"
1871-1880.	971	48	857	126,5	243	351	83	142	798
1881-1890.	777	26	872	129	171	261	118	148,5	842
1891-1900.	553	8	793	92	169	216	135	175	753
1900......	463	6	708	67	220	259	232	190	750

(1) Moyenne de sept années. — (2) Moyenne de six années. — (3) Moyenne de huit années.

ACIER.

PÉRIODES ou ANNÉES.	PRODUCTION EN MILLIERS DE TONNES. ACIER PUDDLÉ.	BESSEMER.	SIEMENS-MARTIN.	TOTAL.	IMPORTATION en milliers de tonnes.	EXPORTATION en milliers de tonnes.	CONSOMMATION en milliers de tonnes.
1831-1840......	6	"	"	6	"	"	"
1841-1850......	10	"	"	10	"	"	"
1851-1860......	22	"	"	22	"	"	"
1861-1870......	35	(1) 30,5		59,5	"	"	"
1871-1880......	29	213		242	7,8	23,5	226
1881-1890......	27	476		503	23,6	50	477
1891-1900......	28	521	344	893	13,1	50,1	856
1900...........	30	703	494	1,227	27	44	1,210

(1) Moyenne de huit années.

RAILS.

PÉRIODES OU ANNÉES.	PRODUCTION EN MILLIERS DE TONNES. FER.	ACIER.	TOTAL.	PRIX MOYEN DE LA TONNE. FER.	ACIER.
				francs.	fr. c.
1842-1850..................	42	"	42	317	"
1851-1860..................	115	"	115	273	"
1861-1870..................	195	22	217	201	(2) 556 50
1871-1880..................	96	172	268	211	260 00
1881-1890..................	9	273	282	(1) 171	156 00
1891-1900..................	"	213	213	"	143 00
1900.......................	"	278	278	"	180 00

(1) Moyenne de cinq années. — (2) Moyenne de huit années.

De ces tableaux se dégagent les faits suivants: disparition du travail au charbon de bois; arrêt de la production du fer depuis une trentaine d'années, par suite de la concurrence des aciers fondus suivant les nouveaux procédés; réduction progressive des prix, avec fluctuations correspondant à celles du prix des fontes; énorme développement de la production totale d'acier, due tout entière aux convertisseurs et aux fours Siemens-Martin; remplacement du fer par l'acier dans la fabrication des rails.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Les principaux départements producteurs sont : pour le fer, ceux du Nord (290,000 tonnes en 1900), des Ardennes (72,000), de la Haute-Marne (63,000), de Meurthe-et-Moselle (37,000); pour les lingots d'acier Bessemer et Martin, ceux de Meurthe-et-Moselle (587,000), du Nord (224,000), de Saône-et-Loire (126,000), de la Loire (107,000), du Pas-de-Calais (97,000), de la Loire-Inférieure (89,000), du Gard (68,000), des Landes (56,000); pour l'acier ouvré, ceux de Meurthe-et-Moselle (271,000), du Nord (240,000), de Saône-et-Loire (96,000), de la Loire (88,000), du Pas-de-Calais (79,000), de la Loire-Inférieure (68,000), du Gard (53,000).

3. Métallurgie des métaux autres que le fer. — En 1827, Wöhler isolait, je l'ai déjà rappelé, l'*aluminium* sous forme d'une poudre grise ou de petits globules, par la réaction du potassium sur le chlorure d'aluminium. À partir de 1854, Sainte-Claire Deville obtenait des masses assez importantes de ce métal, en substituant au potassium le sodium et au chlorure d'aluminium le chlorure double d'aluminium et de sodium; il régularisait la réaction au moyen d'un fondant spécial (la cryolithe), signalait la bauxite comme matière première et donnait une formule pratique pour la fabrication de l'alumine pure. Le prix du kilogramme d'aluminium, qui était de 300 francs en 1856, descendit lentement jusqu'à 100 francs environ. Une réduction beaucoup plus forte pouvait seule permettre le développement de la production. Plusieurs inventeurs proposèrent, en 1880 et pendant les années suivantes, divers procédés, les uns chimiques, les autres à la fois chimiques et électrolytiques. Finalement, la méthode qui a prévalu et qui porte le nom de Héroult ou de Hall est basée sur l'électrolyse au four de l'alumine dans un bain fondu de cryolithe, additionné, par exemple, de sel marin et de fluorure de calcium. La composition de l'électrolyte doit lui assurer une fusibilité presque égale à celle du métal et une densité un peu moindre. On introduit dans le bain, par étapes successives, l'alumine pure et calcinée. Il y a lieu de fondre d'abord le mélange dans une cuve spéciale et de séparer une petite quantité d'aluminium concentrant toutes les impuretés du

bain; le mélange fondu est ensuite transvasé dans les cuves de la série normale, et le métal, réuni au fond de ces cuves, s'extrait à l'aide de cuillers.

L'alumine pure est tirée de la bauxite et généralement préparée aujourd'hui par le procédé Bayer. Préalablement broyée et calcinée, la bauxite subit l'attaque d'une solution de soude caustique dans des lessiveurs chauffés extérieurement à la vapeur d'eau et pourvus d'agitateurs; il se forme de l'aluminate de soude, dont on précipite l'alumine après filtration; la présence de cristaux d'alumine hydratée favorise l'opération, qui est suivie d'une calcination.

On refond le métal brut, soit dans des creusets en graphite, soit dans des fours à réverbère avec sole magnésienne. La coulée se fait dans des moules en sable ou dans des lingotières en fonte; pour les lingots destinés au laminage, ces lingotières sont enduites de graphite ou de craie. Très accusée, la contraction du métal fondu atteint 2 p. 100 en moyenne.

Le forgeage peut être effectué à froid ou mieux à chaud, vers la température de carbonisation du bois dur. Ordinairement, le laminage est exécuté à froid.

Un des principaux débouchés de l'aluminium est fourni par la sidérurgie, qui emploie ce métal pour empêcher les soufflures de la fonte ou de l'acier et qui absorbe presque la moitié de la production.

Bien qu'ayant une conductibilité inférieure à celle du cuivre, l'aluminium offre dans certains cas, par suite de son faible poids spécifique, des avantages appréciables dans l'établissement des conducteurs électriques isolés. Une difficulté sérieuse réside dans la soudure du métal sur lui-même; M. Heraeus recommande de souder à basse température, beaucoup au-dessous du point de fusion, par simple martelage ou compression.

La corrosion de l'aluminium par l'eau de mer a déçu les premières espérances sur l'utilisation de ce métal pour la construction de bateaux légers. Au contraire, l'automobilisme en développe l'emploi sous forme de pièces moulées n'ayant à subir que des efforts mécaniques restreints.

D'après les statistiques du Ministère des travaux publics, la pro-

duction de 1900 a été de 3,243 tonnes aux États-Unis, de 1,300 tonnes en Suisse, de 1,026 tonnes en France, de 569 tonnes en Angleterre. Pendant la période 1871-1880, la production spéciale de la France ne dépassait pas 1 tonne 3; elle est passée à 7 tonnes 2 pendant la période 1881-1890 et à 414 tonnes pendant la période 1891-1900.

La métallurgie de l'*antimoine* se subdivise en trois branches, qui ont respectivement pour objet la production du sulfure liquaté, de l'oxyde et du régule. De ces trois fabrications, les deux premières ne constituent souvent que les préliminaires de la troisième.

Autrefois, la concentration du sulfure d'antimoine par liquation était très répandue; ce mode de concentration n'est cependant applicable qu'à des minerais tenant plus de 20 p. 100; d'autre part, une certaine volatilisation se produit toujours au cours de la liquation, et le chauffage en vase clos nécessaire pour atténuer cette volatilisation ainsi que pour éviter l'oxydation partielle du sulfure liquaté entraîne de fortes dépenses.

La fabrication du régule peut s'effectuer au moyen d'une précipitation par le fer; elle exige une fusion au creuset ou sur sole. Ce procédé ne convient qu'aux minerais riches d'une teneur de 30 p. 100, si on opère au réverbère, ou de 50 p. 100, si on opère au creuset.

Pour les minerais pauvres, plusieurs inventeurs avaient eu, dès 1844, l'idée d'obtenir directement l'oxyde d'antimoine en grillant le minerai et en volatilisant le métal. Ce traitement est, aujourd'hui, réalisé suivant diverses formules. Les fours employés de préférence sont des fours à cuve, avec grille ordinaire ou grille à gradins, dans lesquels on charge le minerai mélangé d'une proportion convenable de coke et dont un ventilateur assure le tirage. Des chambres de condensation reçoivent les gaz qui y déposent de l'oxyde d'antimoine plus ou moins divisé. Sur les parois du carneau précédant les tubes de refroidissement se forment des croûtes d'antimoniate d'antimoine qu'on réduit au creuset ou sur sole, à l'aide de charbon de bois et avec un fondant (carbonate de soude, chlorure de sodium, etc.).

La production française d'antimoine (régule, sulfure ou oxyde)

n'atteignait pas 100 tonnes pendant la période 1872-1880; elle est montée à 1,573 tonnes en 1900. Celle de quelques autres pays peut être évaluée ainsi : Allemagne, 3,160 tonnes; États-Unis, 1,452; Italie, 1,200; Autriche, 990; Japon, 340.

Il existe, pour l'extraction du *cuivre*, des procédés par voie humide et des procédés par voie sèche. Parmi ces derniers, l'ancienne méthode galloise fondée sur l'emploi exclusif du four à réverbère n'est plus guère appliquée dans sa pureté primitive; après avoir eu dans l'Arizona une importance considérable, lors des débuts de l'industrie minière et métallurgique en cette région de l'Amérique, la réduction des minerais oxydés au four à cuve a décru rapidement; presque toutes les formules en usage comportent un grillage, une fusion pour mattes au four à cuve, un affinage et un raffinage opérés au réverbère sans interruption. La transformation de la matte en cuivre présente d'ailleurs des variantes nombreuses; elle peut s'effectuer, par exemple, au convertisseur. Un appareil nouveau de ce genre, dû à M. P. David et dit *sélecteur*, mérite d'être mentionné. Le sélecteur, de forme sphérique, offre, près du gueulard, un renflement destiné à recueillir les parties les plus denses du bain liquide et évacuant par un trou de coulée spécial la fraction de la masse ainsi séparée. On oxyde d'abord la matte; quand l'éclaircissement de la flamme accuse l'achèvement de la conversion en protosulfure, on élimine la scorie ferrugineuse, on continue le soufflage pendant quelques minutes et on détermine une première liquation de cuivre impur, contenant l'arsenic, l'antimoine, l'or et une petite partie de l'argent. Ce cuivre impur est reçu dans la poche du sélecteur et coulé. Le soufflage se continue ensuite jusqu'à ce que la coloration rouge sombre de la flamme et les projections de globules de cuivre indiquent le moment de la coulée définitive.

Presque partout aujourd'hui et principalement aux États-Unis, la métallurgie recourt aux procédés électrolytiques pour séparer les métaux précieux du cuivre brut.

Une innovation intéressante dans l'élaboration du cuivre est la fabrication des tubes et corps creux suivant la méthode Elmore. Les traits caractéristiques de cette méthode sont la précipitation électro-

lytique du cuivre sur des mandrins en fonte, ou mieux en paraffine enduite de graphite, et la compression simultanée du dépôt au moyen de brunissoirs en agate pressés par des ressorts. Des divergences d'appréciation subsistent au sujet de la résistance du métal obtenu par le procédé Elmore.

Vers le commencement du siècle, la production annuelle du cuivre dans le monde était de 9,000 tonnes seulement; elle a dépassé 500,000 tonnes en 1900. Le prix de la tonne est descendu de 4,000 francs à une moyenne de 1,300 francs pendant la dernière période décennale.

La production du monde en 1900 s'est répartie comme il suit : États-Unis, 273,000 tonnes; Grande-Bretagne et Irlande, 61,600; Espagne, 47,800; Allemagne, 31,000; Chili, 26,000; Japon, 25,700; Mexique, 22,400; Australasie, 20,200; Italie, 10,400; Russie, 8,900; Canada, 8,600; France, 6,400; Bolivie, 2,100; Norvège, 1,300; Autriche-Hongrie, 1,060. Celle de la France a peu varié depuis trente ans : de 1871 à 1880, 5,800 tonnes; de 1881 à 1890, 3,100 tonnes; de 1891 à 1900, 6,000 tonnes.

Jamais la fabrication de l'*étain* n'a été très importante. Quelques métallurgistes français en tirent une petite quantité de minerais étrangerspar un traitement et un raffinage au réverbère.

Les pays producteurs sont les États malais (43,100 tonnes en 1900), les Indes néerlandaises (18,200), la Grande-Bretagne (9,010), la Bolivie (4,800), l'Australasie (4,110), l'Allemagne (2,030).

Quoique assez répandu dans les roches de l'écorce terrestre, le *mercure* se présente souvent en un état de dissémination qui rend l'exploitation fort difficile. Les minerais subissent un grillage, pour lequel on emploie des fours très divers : fours à moufles, fours coulants, fours a réverbère, fours à cascades, etc. Après leur sortie du four, les gaz sont refroidis dans des tuyaux, des serpentins et des chambres de condensation où le métal se dépose.

En 1900, la production du mercure a été de 3,600 tonnes environ :

Espagne, 1,100 tonnes; États-Unis, 967; Autriche-Hongrie, 542; Mexique, 353; Russie, 304; Italie, 260.

Deux régions fournissent seules les minerais de *nickel* : la Nouvelle-Calédonie et le Canada.

Les minerais néo-calédoniens, qui sont des minerais oxydés contenant 7 à 8 p. 100 de nickel à l'état sec, viennent se faire traiter en Europe. Il faut d'abord les fondre au four à cuve avec des matières sulfurées, puis concentrer la matte au réverbère ou au convertisseur pour obtenir du sulfure de nickel sensiblement pur, broyer le produit, le griller jusqu'à élimination complète du soufre, enfin réduire en vase clos à une température qui provoque l'agglomération du métal en disques ou en grenailles.

Quant aux minerais canadiens, formés d'un mélange de pyrrhotite nickélifère et de chalkopyrite, ils subissent, en partie au Canada et en partie aux États-Unis, une longue série d'opérations : grillage en tas; fonte dans des water-jackets; concentration de la matte au convertisseur pour éliminer presque entièrement le fer; passage de la matte mixte au four à cuve avec du sulfate de sodium; coulée dans des récipients coniques en fonte; démoulage des pains; séparation de la partie supérieure, riche en cuivre, et de la partie inférieure, constituée surtout par du sulfure de nickel; concassage des deux produits; lixiviation; évaporation; renvoi du résidu au traitement de la matte; grillage du sulfure de nickel; purification de l'oxyde et réduction sous forme de grenailles ou plaquettes. Le raffinage se fait par électrolyse.

Pendant la période 1889-1900, la production totale du nickel s'est élevée de 850 tonnes à plus de 7,000. Le Canada a fourni, en 1900, 3,200 tonnes; la France, 1,700 tonnes; l'Allemagne, 1,376 tonnes. De 1881 à 1890, notre contingent annuel moyen ne dépassait pas 95 tonnes; de 1891 à 1900, il a atteint 1,448 tonnes.

Beaucoup de minéraux renferment du *plomb*. Mais le sulfure de plomb ou galène et, dans une moindre proportion, le carbonate sont seuls assez abondants pour servir de minerais.

On sait que les méthodes classiques de traitement des galènes

peuvent se ranger dans trois catégories : la première, applicable aux minerais riches, consiste à griller ces minerais dans des fours à réverbère jusqu'à ce qu'il se soit formé une certaine quantité d'oxyde et de sulfate, puis à donner un coup de feu et à déterminer une réaction dégageant l'acide sulfureux et mettant le plomb en liberté; une seconde méthode, appropriée aux minerais moins riches et moins purs, comporte le grillage intégral et la réduction par le charbon dans des fourneaux à manche ou des demi-hauts fourneaux; enfin la dernière est celle de la fusion du minerai avec du fer, qui enlève le soufre, forme un sulfure de fer fusible et libère le plomb.

Souvent, le plomb d'œuvre ainsi obtenu renferme assez d'argent pour qu'il y ait intérêt à extraire ce métal précieux. L'extraction se fait par le procédé de la coupellation, qui a pour base la propriété du plomb de s'oxyder quand on le chauffe au contact de l'air, tandis que l'argent ne s'oxyde pas et se concentre indéfiniment dans le plomb resté à l'état métallique.

La coupellation directe ne peut être avantageuse que si les plombs d'œuvre sont suffisamment riches. Dans le cas où la teneur en argent est trop faible, il faut procéder à un enrichissement préalable, soit par la méthode de cristallisation dite pattinsonage (1832), soit par le zingage dont l'idée première appartient à Karsten (1842). L'affinage par cristallisation repose sur le principe suivant : quand une masse de plomb argentifère fondu se refroidit lentement, les premiers cristaux ne contiennent que du plomb à peu près pur; la proportion d'argent augmente ensuite progressivement; des opérations successives permettent donc d'avoir du plomb de plus en plus riche. Dans le second mode d'affinage, on ajoute un peu de zinc au bain de fusion, et ce métal monte à la surface entraînant avec lui presque tout l'argent. Les Américains ont mis à l'essai la désargentation du plomb par électrolyse.

Après le fer, c'est le plomb qui donne lieu à la plus grosse production dans le monde, 860,000 tonnes environ en 1900 : États-Unis, 250,000 tonnes; Espagne, 172,500; Allemagne, 121,800; Mexique, 84,700; Australasie, 67,000; Grande-Bretagne et Irlande, 42,000; Canada, 29,000; Italie, 23,800; Belgique, 16,400; Grèce, 16,000;

France, 15,200; Autriche-Hongrie, 12,700; Japon, 1,900; Suède, 1,424. Notre production annuelle moyenne a été de 7,100 tonnes pendant la période 1871-1880, de 6,000 tonnes pendant la période 1881-1890 et de 10,000 tonnes pendant la période 1891-1900.

Deux minerais sont utilisés pour la production du *zinc* : le carbonate ou calamine et le sulfure ou blende. Qu'il s'agisse de calamine ou de blende, un grillage préliminaire s'impose. Si le minerai est de la blende, ce grillage peut se combiner avec la fabrication de l'acide sulfurique : on broie la matière et on la calcine, par exemple, dans des fours à soles superposées, où elle chemine progressivement soumise à l'action d'un courant inverse d'air chaud; les gaz passent dans des chambres, y déposent leurs poussières et vont à la tour de Glover, puis aux chambres de plomb.

Une fois ramené à l'état d'oxyde, le minerai est mélangé avec du charbon anthraciteux menu et subit une distillation réductrice en vase clos. Ce procédé étant très onéreux, des tentatives ont été faites, mais sans succès, pour opérer la réduction au four à cuve; on n'obtient ainsi qu'une poussière de zinc partiellement oxydée, dont la transformation en lingots exige une seconde distillation. Les seuls progrès récents sont des progrès de détail : fabrication mécanique des creusets ou moufles et chauffage au gaz avec récupération plus ou moins complète de la chaleur.

La production de 1900 dans le monde a été de 470,000 tonnes environ : Allemagne, 156,000 tonnes; Belgique, 119,000; États-Unis, 112,000; France, 36,300; Grande-Bretagne et Irlande, 24,900; Autriche-Hongrie, 6,700; Russie, 5,900; Espagne, 5,600. Nos usines ont fourni une moyenne annuelle de 12,160 tonnes pendant la période 1871-1880, de 17,200 tonnes pendant la période 1881-1890, de 29,800 tonnes pendant la période 1891-1900.

À propos de la sidérurgie, j'ai déjà cité des exemples nombreux d'associations de métaux. De tout temps, on a pratiqué des associations de cette nature pour produire des alliages doués de qualités spéciales. C'est ainsi que les anciens obtenaient du bronze en alliant le cuivre à

l'étain. Bien avant la découverte du zinc métallique, la calamine était mélangée au cuivre rouge fondu, avec addition de charbon, et ce mélange donnait du laiton. L'alliage du cuivre, du zinc et du nickel fournit le maillechort; celui du cuivre et du nickel, la silvérine; celui du cuivre et du cobalt, un produit analogue. Uni à l'aluminium, le cuivre procure des bronzes d'aluminium d'une ténacité, d'une ductilité et d'une malléabilité remarquables; l'addition de zinc à ces bronzes conduit aux laitons d'aluminium, dotés également d'intéressantes propriétés. Le bronze phosphoreux, dur et tenace, a trouvé des emplois dans la fabrication des pièces mécaniques; sa dureté et son élasticité augmentent considérablement sous l'action de l'écrouissage; d'heureuses applications en ont été faites aux fils télégraphiques et téléphoniques. Au lieu du phosphore, on peut unir le silicium au bronze et avoir des bronzes silicieux propres à certains usages. Certains alliages de cuivre et de manganèse, introduit sous forme de ferro-manganèse, se distinguent par leur haute résistance. Le métal Roma et le métal Delta ont eu leur célébrité : le premier est un bronze phospho-manganésé, ductile, malléable à chaud et à froid, inoxydable, ne prenant pas la trempe et atteignant la résistance de l'acier; quant au second, il résulte de la combinaison du cuivre avec un alliage de zinc et de fer, offre une belle couleur jaune d'or, est aussi peu oxydable que le bronze phosphoreux, se travaille aisément à froid et à chaud, résiste à la corrosion dans les eaux sulfureuses et acides.

Cette liste pourrait être singulièrement allongée. Elle suffit à établir la variété des ressources que l'union des métaux usuels entre eux ou parfois avec un métalloïde est susceptible d'apporter à l'industrie. Celle-ci dispose aujourd'hui de toute une série de corps complexes dont elle règle à volonté les éléments et les propriétés spéciales.

Les minerais d'*or* sont peu nombreux. Ils consistent surtout en or natif et en tellurures. Parmi les divers procédés de traitement, on distingue les procédés de voie sèche et les procédés de voie humide, qui, d'ailleurs, peuvent se combiner. Le rôle principal appartient toujours à l'amalgamation, à la chloruration pour les concentrés et les matières exceptionnellement riches, enfin à la cyanuration pour les

minerais pauvres ou s'amalgamant mal. En nombre de cas, l'or natif est uni à l'argent, ce qui complique les opérations.

Ne pouvant passer en revue toutes les méthodes, je me borne à quelques exemples.

Le plus souvent aujourd'hui, on procède par amalgamation directe dans les sluices pour les alluvions, dans les mortiers des bocards pour les minerais de filons. Quand ce dernier procédé est mis en œuvre, les résidus sont soumis à la coupellation.

Dans le cas de filons contenant avec l'or d'autres métaux, le minerai est fréquemment traité pour l'obtention de ces derniers métaux, où l'or se concentre. Les minerais de plomb donnent un plomb d'œuvre, dont on extrait par coupellation l'or allié à l'argent; les mattes cuivreuses se traitent par voie humide ou les cuivres bruts subissent l'électrolyse.

À l'Exposition universelle de 1900 figurait un spécimen des exploitations du Transvaal et spécialement du procédé de cyanuration. Les opérations se succèdent ainsi : triage du minerai brut et enlèvement de la partie stérile; broyage du minerai utile et amalgamation; à la suite de cette première extraction, reprise du minerai, concentration au moyen de la table à secousses, séparation par les Spitz kasten (appareils hydrauliques) des tailings, ou éléments granuleux et poreux, et des slimes ou argiles; cyanuration des concentrés, des tailings et des slimes; filtration des tailings; agitation et décantation des slimes; précipitation par le zinc découpé en fils fins et additionné de plomb pour les slimes; traitement par l'acide sulfurique et fonte de l'or. Une variante des deux dernières manipulations, due à Siemens et Halske, est la précipitation électrolytique sur le plomb, suivie de la fonte et de la coupellation.

Lorsque l'or et l'argent sont unis, on peut les séparer par l'acide sulfurique concentré et chaud qui ne dissout que l'argent. Un dépôt contenant la plus grande partie de l'or se forme au fond de la chaudière. La liqueur décantée passe dans des chaudières en plomb renfermant les eaux mères de purification du sulfate de cuivre par cristallisation et chauffées à la vapeur, où a lieu un dépôt d'or complémentaire. Une nouvelle décantation a lieu et la liqueur claire va

à d'autres chaudières dans lesquelles des lames de cuivre précipitent l'argent; ce métal est comprimé et fondu. L'or provenant de la première attaque par l'acide sulfurique retient un peu d'argent; on le chauffe dans une chaudière en platine avec de l'acide sulfurique qui achève la séparation. La poudre d'or subit enfin un lavage et une fusion.

Ces exemples suffisent à montrer la complexité des méthodes de traitement et à faire comprendre l'étendue des recherches auxquelles elles ont dû donner lieu pendant le cours du XIX[e] siècle.

Parmi les minerais d'*argent*, les plus connus sont le sulfure d'argent pur ou combiné avec des sulfures d'arsenic et d'antimoine, le chlorure, le bromure, les galènes, les blendes, les minerais cuivreux contenant de l'argent disséminé, l'argent nàtif.

Les minerais pauvres en plomb ou en cuivre peuvent, soit après un bocardage, soit après un grillage si cela est nécessaire, subir l'amalgamation, la chloruration ou la lixiviation aux hyposulfites. Ce dernier procédé se répand aujourd'hui et tend à remplacer les anciennes formules d'amalgamation.

Quand les minerais sont riches en plomb ou en cuivre, on les traite pour l'obtention de ces métaux communs et on a, suivant les cas, du plomb d'œuvre, du cuivre brut, des mattes cuivreuses, auxquels s'appliquent la liquation, l'amalgamation, l'électrolyse, etc.

L'affinage de l'argent impur peut s'effectuer par la fonte dans un courant d'air qui oxyde les métaux étrangers.

4. Outillage de la grosse métallurgie. — L'outillage général de la grosse métallurgie se compose d'engins, de machines et d'appareils très variés. Des indications précises sur l'état actuel de cet outillage ont été consignées par M. Lodin dans son savant rapport relatif à l'Exposition universelle de 1900, rapport auquel j'ai déjà fait de nombreux emprunts. Quelques points spéciaux doivent seuls nous arrêter ici.

Souvent aujourd'hui, les chaudières sont chauffées par le gaz des hauts fourneaux; il importe alors de prendre les dispositions voulues

pour le nettoyage facile des carneaux. Dans d'autres cas, les métallurgistes ont recours aux flammes perdues de fours à coke ou de foyers métallurgiques : l'essentiel est de réduire au minimum les dangers auxquels serait éventuellement exposé le personnel de l'usine; on y arrive avec les chaudières aquatubulaires à petits éléments.

Pendant longtemps, les cisailles furent exclusivement actionnées à l'aide de transmissions rigides, qui donnaient lieu à des ruptures fréquentes; la variation de la course s'obtenait difficilement et le guidage était compliqué. Depuis 1855, les constructeurs ont fait prévaloir la commande par un piston hydraulique, qui reçoit lui-même le mouvement d'un piston différentiel à vapeur.

Un progrès de la dernière période décennale du siècle est l'introduction des appareils électriques de manutention, notamment des ponts roulants qui se généralisent pour la manœuvre des lingots, des grosses pièces et des poches de coulée.

L'industrie des produits réfractaires se lie intimement à l'industrie métallurgique : sans les briques de silice fournissant des voûtes capables de résister aux très hautes températures, les fours à récupération n'eussent pas pris le développement constaté depuis quarante ans; la déphosphoration de la fonte n'est devenue pratique que grâce à la préparation des revêtements basiques dans des conditions de prix abordables. Aujourd'hui encore, les produits réfractaires sont cuits le plus souvent au moyen de fours à chauffage intermittent : le chauffage continu avec récupération de chaleur soulève des difficultés, en raison des risques que l'introduction directe du combustible pulvérulent ferait courir au point de vue de la qualité des produits; si la gazéification du combustible permet d'éviter cet inconvénient, elle a le défaut de compliquer les installations. La fabrication des briques de silice, bien que remontant au commencement du siècle et n'ayant pas varié dans son principe, a été largement perfectionnée : un silicate très acide sert à agglomérer les grains de silice; les briques subissent une compression énergique et une cuisson à température élevée. Malgré l'essor de la production des briques de silice, les pâtes silico-alumineuses conservent la prépondérance avec une composition qui se diversifie selon la destination des produits; la proportion de silice doit être faible pour

les briques ayant à subir l'action corrosive des laitiers basiques. Certains creusets servant à la fusion du cuivre, du laiton et des métaux précieux sont établis en pâte graphiteuse. Les produits réfractaires basiques peuvent être à base dolomitique ou à base magnésienne; entre autres avantages, la magnésie a celui de donner plus facilement des briques régulières et de se prêter à des formes relativement compliquées, en même temps qu'elle résiste mieux à l'air et ne fond pas, même à haute température, au contact des revêtements siliceux; la dolomie ou le carbonate de magnésie sont calcinés, broyés, agglomérés par une matière plastique et cuits; on emploie comme agglomérant du goudron déshydraté ou, pour la magnésie, une pâte de même matière faiblement calcinée et broyée avec de l'eau.

5. Petite métallurgie. — La petite métallurgie comprend tout un ensemble d'industries transformant les métaux usuels en objets manufacturés pour les besoins de la mécanique, de la construction, de l'économie domestique. Elle a réalisé, au cours du siècle, d'immenses progrès, notamment par les modifications successives de son outillage en vue d'une production plus intense et moins coûteuse.

Une des branches importantes est la *fonderie* (fonte de deuxième fusion, fonte malléable, acier coulé, bronze, zinc, étain). Longtemps immuable dans ses procédés, la fonderie a récemment fait de vigoureux efforts en vue du moulage mécanique. Peu à peu, l'emploi de la fonte malléable s'est généralisé : on obtient cette fonte en décarburant plus ou moins les objets de fonte moulée par un chauffage en vase clos au contact d'un mélange de sable et de minerai de fer non hydraté; des matières propres à atténuer l'action oxydante du minerai sont ajoutées au mélange. Les usages des pièces en acier coulé ont également pris beaucoup d'extension, grâce à la résistance de ce métal et aux réductions de poids qu'il procure.

De nombreux objets en fonte reçoivent un revêtement en émail céramique ou sont nickelés par électrolyse. Le mode ancien d'émaillage présentait de graves dangers pour la santé des ouvriers : M. A. Dormoy est parvenu à empêcher la diffusion des poussières d'émail dans l'air ambiant, en effectuant l'émaillage à l'intérieur d'une cage her-

métique; un plateau tournant et oscillant, manœuvré du dehors, porte les produits à émailler.

Autrefois, les *pièces de forge* se fabriquaient toutes à la main. Le travail mécanique a remplacé, dans une large mesure, le travail manuel et apporté avec lui ses avantages de précision en même temps que d'économie. Parallèlement à cette évolution, avait lieu la substitution progressive de l'acier au fer.

Parmi les produits venus de forge se rangent les *boulons* et les *vis*. La boulonnerie n'existe guère que depuis le commencement du siècle, et, à cette époque, elle se trouvait entre les mains d'ouvriers travaillant chez eux pour le compte de patrons; ses progrès se sont accusés après 1870; les foyers principaux de production en France sont les Ardennes, le Nord, la Loire et la région du centre. Belfort et ses environs monopolisent en quelque sorte la visserie, surtout pour les vis à bois.

Au nombre des industries tributaires de la forge figure aussi celle des *chaînes*, centralisée dans le Nord et la Loire. Souvent aujourd'hui, les chaînes se composent de maillons sans soudure alternant avec des maillons soudés; cette disposition offre le mérite de restreindre les points dangereux. Les procédés de soudure électrique ont fait leur apparition pour les petites chaînes.

La substitution de l'acier doux au fer fin et la création d'alliages ferro-métalliques dont la résistance atteint 300 kilogrammes par millimètre carré ont puissamment contribué à l'amélioration de la *tréfilerie*. Cette amélioration s'est répercutée sur les industries filiales de la *clouterie* et de la *pointerie*. Actuellement, la fabrication des clous et des pointes dites de Paris, en Allemagne et aux États-Unis, constitue presque un monopole entre les mains de syndicats. Il ne sera pas inutile de rappeler que, jadis, la Norvège défiait la concurrence pour les clous blancs forgés, servant à la ferrure des chevaux, mais que la situation a été modifiée par l'introduction des aciers extra-doux susceptibles de rivaliser avec les meilleurs fers de Suède.

Chaque jour, les *câbles* métalliques de traction étendent leur domaine. À résistance égale, leur poids et leur volume sont sensiblement moindres que ceux des câbles textiles; ils ne se détériorent pas sous l'influence des phénomènes atmosphériques et ont d'ailleurs la sou-

plesse voulue. On est arrivé à faire des câbles d'une très grande sécurité, par exemple en emboîtant les fils d'acier de telle sorte qu'ils ne puissent s'échapper dans le cas de rupture partielle.

Les *grillages* absorbent des quantités considérables de fils à fin numéro. Ils sont, au besoin, ondulés mécaniquement et appropriés ainsi à la clôture des parcs ou jardins.

J'ai, précédemment, signalé le *métal déployé*. Ce produit se fait à la machine Golding, au moyen de tôles en acier doux Martin-Siemens décapées, recuites, planées et coupées d'équerre.

Longtemps, la fabrication des *aiguilles* fut exclusivement anglaise; elle était localisée autour de Redditch, près de Scheffield, où les ouvriers possédaient par atavisme une extraordinaire habileté pour un travail ne comportant pas moins de trente opérations successives. Cette habileté a cessé d'être un facteur indispensable depuis les progrès de la mécanique de précision. Aussi la production s'est-elle implantée en France.

Il y eut un temps où la *taillanderie* se cantonnait par catégories dans certaines régions privilégiées au point de vue de la matière première. Les progrès de la grosse métallurgie et de l'outillage industriel ont modifié cette situation. Des différentes spécialités, l'une des plus intéressantes est celle des *faux*, bien que l'emploi des faucheuses mécaniques lui ait enlevé une partie de son importance. Les faux françaises se font en acier fondu au creuset, à la fois résistant et souple, prenant bien la trempe et revenant au recuit sans s'amollir. Si simple qu'elle soit en apparence, leur préparation est compliquée et demande beaucoup de main-d'œuvre : il faut d'abord couper les barres laminées en barrettes d'un poids correspondant à celui de l'outil, puis étirer ces barrettes au martinet et en faire des ébauches (couteaux) amincies en biseau à l'une de leurs extrémités et repliées à l'autre extrémité, soumettre les ébauches au platinage qui donne à la faux sa courbure et l'étire transversalement, procéder ensuite au planage, à la trempe, au recuit, au relevage, à l'aiguisage et au finissage. Des tentatives ayant pour objet l'étirage et le platinage mécaniques ont échoué.

Comme la fabrication des faux, celle des *limes* constitue une spécialité exigeant des ouvriers habiles et exercés; la matière première

doit être de qualité exceptionnelle et offrir à l'usure le maximum de résistance. L'emploi de plus en plus fréquent de la meule à émeri et la précision croissante des machines-outils ont réduit le rôle de la lime; cependant l'usage de cet instrument continue à s'imposer en nombre de cas. Entre autres progrès récents, on peut citer la mise en œuvre d'aciers spéciaux très durs et très résistants, la substitution du forgeage mécanique des ébauches au forgeage à la main, la propagation des machines à tailler, enfin d'heureuses modifications dans la trempe et le recuit.

Très accusés dans leur ensemble, les perfectionnements de la *quincaillerie* et de la *serrurerie* ne présentent pourtant aucun fait saillant sur lequel il soit nécessaire d'insister ici.

À l'origine, les *coffres-forts* étaient de robustes armoires en chêne recouvertes de tôle. Puis vint un type composé d'une cage et d'un bâti en fer, avec revêtement en tôle rivée. Dès 1844, la France construisit des coffres-forts d'une seule pièce au moyen de tôles repliées quatre fois à angle droit. Les modèles actuels, capables de résister à l'incendie, comportent presque tous deux caisses s'emboîtant l'une dans l'autre et séparées par une substance mauvaise conductrice de la chaleur; ils sont fermés par une porte à double feuille de tôle, avec interposition d'une matière réfractaire. Il existe d'excellentes combinaisons de serrures à quatre jeux de chiffres invisibles. Parfois, on garnit les serrures de pênes diagonales condamnés par un chronomètre à mouvement automatique; mais alors le dérangement du chronomètre, celui de la combinaison, un oubli des chiffres ou la mort de celui qui les a composés exposent à de graves embarras.

Les *fermetures métalliques* pour baies ne datent que d'une quarantaine d'années; elles se sont rapidement généralisées. Toute l'ingéniosité des constructeurs a tendu à en simplifier la manœuvre, par exemple en recourant à des servo-moteurs hydro-électriques.

Pour la *petite chaudronnerie*, comme pour les autres fabrications que nous venons de passer en revue, le développement de l'outillage mécanique a exercé son influence bienfaisante sur l'activité de la production, sur le fini des objets et sur leur prix.

Stationnaire jusqu'au milieu du XIXe siècle, la *robinetterie* a été ré-

IMPRIMERIE NATIONALE.

volutionnée par l'emploi des fluides sous pression. Les qualités maîtresses des modèles actuels sont la stabilité de la clef, l'étanchéité et, s'il y a lieu, l'automaticité de la fermeture.

La fonderie de *cloches* a participé au progrès général. Parmi les cloches de construction récente, l'une des plus réputées, la Savoyarde, pèse près de 19 tonnes.

C'est en 1815 qu'a pris naissance la *ferblanterie* proprement dite. Son domaine était alors limité au fer-blanc. Aujourd'hui, la dénomination s'applique à une industrie produisant des objets très variés pour l'économie domestique, pour la conservation des denrées et des liquides, pour des usages industriels, et travaillant beaucoup de métaux ou d'alliages. La fabrication se fait par des moyens presque exclusivement mécaniques; les progrès de l'outillage ont permis de diminuer les prix, tout en conditionnant mieux les articles. Souvent, la même machine effectue le découpage, l'emboutissage, l'estampage et le perçage; parfois, elle y ajoute l'agrafage et la soudure. La presse a pris la place du balancier. Aux métaux fondus et étirés se sont substitués les métaux emboutis. De nombreux ustensiles reçoivent un *émaillage*, dans un double but de décoration et de préservation; les objets émaillés sont plus faciles à entretenir que les objets étamés, résistent à l'attaque des substances acides et à l'action des hautes températures, présentent un aspect agréable; mais il faut que l'émail soit d'excellente qualité et ne se désagrège pas.

Une industrie fort ancienne, celle de la *poterie d'étain*, a eu son heure de célébrité, alors qu'elle fournissait seule la vaisselle de table et les couverts. La mode y revient, mais surtout au point de vue artistique et décoratif. Elle reçoit d'ailleurs encore quelques applications dans l'économie domestique, dans la limonaderie, etc.

À la petite métallurgie se rattachent l'affinage des métaux précieux, le battage et le broyage de l'or, le laminage et le battage du platine et de l'aluminium, la fabrication des capsules métalliques pour le bouchage des bouteilles. Je n'insisterai que sur le *battage de l'or*, à titre d'exemple. Ce travail s'exécute à la main, au moyen de lingots laminés en lames minces et divisés en petites plaquettes. Il comporte trois séries d'opérations : deux de dégrossissage au caucher (sac en

parchemin) et au chaudret (sac en baudruche ou boyau de bœuf); une de finissage à la moule (sac également en baudruche ou boyau de bœuf). Un lingot de 220 à 240 grammes est ainsi divisé en 5,000 feuilles.

Beaucoup d'autres produits, plumes et porte-plume, œillets métalliques, meubles et lits en fer, serrurerie et ferronnerie d'art, etc., pourraient être encore cités comme relevant de la petite métallurgie. Mais les courtes indications qui précèdent suffisent à montrer les progrès caractéristiques du siècle. Ces progrès sont dus pour une large part à l'intervention de machines-outils ingénieuses et à la transformation de la matière première. L'évolution est loin d'avoir pris fin.

CHAPITRE XIV.

INDUSTRIES DE LA DÉCORATION ET DU MOBILIER. CHAUFFAGE ET VENTILATION. ÉCLAIRAGE NON ÉLECTRIQUE.

---

§ 1. DÉCORATION ET MOBILIER DES ÉDIFICES PUBLICS ET DES HABITATIONS.

La décoration et le mobilier des édifices publics et des habitations ont fait précédemment l'objet d'une étude assez complète au point de vue artistique. Ce chapitre sera donc strictement limité à une revue sommaire du matériel, des procédés d'exécution, des faits industriels et commerciaux.

1. Décoration fixe. — Presque toutes les indications que pourraient appeler les matériaux mis en œuvre pour la décoration fixe ou leur mode de travail et d'emploi avaient, à d'autres titres, leur place marquée ailleurs, notamment dans la partie consacrée au génie civil. Il ne me reste à aborder ici qu'un petit nombre de questions spéciales.

Dès l'antiquité, le remplacement économique du marbre a provoqué de nombreuses recherches. Ces recherches ont abouti à l'invention du stuc. Ordinairement, on prépare le stuc en gâchant le plâtre fin avec un liant comme la gélatine, en le colorant dans la masse et en le polissant. Il peut également être obtenu au moyen de marbre pulvérisé et de chaux. Enfin, de nos jours, certains simili-marbres sont faits de matières siliceuses et non calcaires, ce qui les rend inattaquables par les acides ordinaires. Un avantage du stuc est de se prêter au moulage.

Au commencement du XIXe siècle, les moulages en plâtre jouaient un grand rôle dans l'ornementation généralement peu saillante des édifices. En 1817, Méziers tenta de répandre l'usage du carton-pierre; plus tard, la composition de la matière reçut d'heureuses modifications. Vers 1850, surgit une innovation importante, fournissant de grands moulages en plâtre, minces, légers et solides : le procédé

consistait à utiliser la gélatine pour les moules et à doubler de toile le plâtre moulé. Les pièces sans couture ainsi réalisées offraient une finesse d'exécution très supérieure à celle du carton-pierre et se scellaient facilement au plâtre, alors que le carton, se déformant sous l'action de l'humidité du scellement, devait être cloué. Telle fut l'origine du staff, auquel les architectes eurent immédiatement recours pour établir de vastes ensembles d'entablements, d'acrotères, etc., et les accrocher à des carcasses métalliques; jamais encore, ils n'avaient disposé de moyens d'une pareille élasticité. Depuis, les spécialistes, obéissant à des vues d'économie, ont supprimé la doublure de toile en mélangeant de la filasse de chanvre au plâtre.

2. **Vitraux.** — Les matières premières utilisées pour le vitrail sont le verre coloré en masse ou plaqué, la grisaille, l'émail, l'acide fluorhydrique, le plomb, l'étain.

Au commencement du XIXe siècle, la décadence du vitrail était telle qu'on avait oublié jusqu'à la technique de fabrication des verres colorés. Vers 1825, le chimiste Bontemps reprit cette fabrication à Choisy-le-Roy; plus tard, une autre usine s'ouvrit à Saint-Just-sur-Loire. Mais c'est à MM. Appert qu'appartient vraiment le mérite de la reconstitution si longtemps cherchée. Les verres des anciens se caractérisaient par la présence constante de l'alumine et des oxydes de fer. Depuis la fin du XIVe siècle jusqu'au XVIIe, ils comportaient, pour la plupart, des couches de teintes différentes soudées entre elles ou plutôt plaquées les unes sur les autres au moment de leur fabrication en manchon ou en plateau. Leur intérêt résidait moins dans la facilité de dégagement de la couche inférieure par un travail de gravure, alors rarement pratiqué, que dans la dégradation des tons et la délicatesse surprenante des teintes. Ils donnaient lieu à des effets de réfraction tout différents de ceux des verres d'une seule couche et d'une teinte uniforme.

En traitant de l'art décoratif appliqué aux vitraux, j'ai cité les verres américains si curieux par leur demi-transparence, leurs nuances indécises et troubles, leur coloration diffuse, leurs rugosités, etc. Recourant à des procédés de moulage ou de martelage des verres coulés et

multipliant les variétés de verres opalins, irisés ou jaspés, MM. Appert nous ont dotés de produits non seulement analogues, mais encore supérieurs par la mesure et la pondération des effets : en France, la qualité essentielle reste la transparence et, si séduisants que soient les verres simulant des agates ou des marbres, leur opacité en limite l'emploi.

Aujourd'hui, les peintres verriers disposent de ressources plus abondantes que leurs devanciers, peut-être même de ressources excessives : les verrières des premiers temps, d'une intensité de couleur et d'un éclat si merveilleux, étaient faites avec une gamme de tons des plus restreintes.

Les fours actuels sont des fours à gaz, fours Siemens ou autres, et le soufflage se fait par des méthodes perfectionnées, sans intervention du souffle humain.

Il importe que le peintre verrier ait d'avance une réserve de verres nuancés pouvant se prêter aux harmonies de sa composition. Ajourner les commandes à l'époque de l'exécution serait courir le risque de longs retards et parfois de graves mécomptes.

L'artiste gagne à préparer lui-même ses grisailles, dont le ton dépend du choix de l'oxyde de fer ainsi que de la division déterminée par le broyage. Il doit aussi savoir faire ses couleurs vitrifiables, qui, d'ailleurs, ne conviennent guère qu'aux vitraux de petites dimensions, vus à faible distance.

Remplaçant la gravure au touret, l'action de l'acide fluorhydrique permet de changer partiellement la coloration d'une pièce par le dégagement de la couche inférieure des verres plaqués.

La création d'un vitrail comporte une série d'opérations successives : composition, prévoyant avec soin les harmonies colorées qui résulteront du passage de la lumière; calque des traits représentant le réseau de plomb, report sur papier fort, découpage du papier suivant le contour des pièces qui composeront le vitrail, emploi des patrons ainsi obtenus pour couper au diamant les morceaux de verre coloré; montage en plomb provisoire et changement des pièces qui accuseraient un défaut d'harmonie; exécution en grisaille du trait décalqué sur le carton et des ombres ou des modelés; démontage et passage au feu, à 650 ou

700 degrés, pour assurer l'adhérence de la grisaille au verre; remontage en plomb.

3. Papiers peints. — Presque toutes les sortes de papiers peints comportent une teinte plate de fond; l'application de cette couche porte le nom de *fonçage*. Autrefois, le fonçage s'exécutait à la main, au moyen de brosses. Cette main-d'œuvre pénible peut être remplacée aujourd'hui par le travail automatique d'une machine : le papier circule dans un appareil à cylindres et reçoit la couleur d'un rouleau fournisseur; de grandes brosses, animées d'un mouvement épicycloïdal assez rapide, étalent la matière colorante et uniformisent la teinte.

Ainsi recouvert de la teinte plate du fond, le papier est soumis à l'impression. On imprime soit à la *planche*, soit au *cylindre*.

Dans le premier cas, on se sert de planches et de baquets analogues à ceux des imprimeurs sur étoffes. Les planches sont vigoureusement pressées à l'aide d'un levier.

Quant au second procédé, maintenant très répandu, il offre la plus grande similitude avec l'impression au rouleau des étoffes. Mais les cylindres sont généralement gravés en relief; la couleur est répartie à leur surface par un drap sans fin, convenablement tendu et plongeant en partie dans la cuve alimentaire. Un gros cylindre couvert de molleton presse le papier contre les cylindres imprimeurs. Isidore Leroy est le premier qui ait, à Paris, employé des machines de ce genre fonctionnant dans des conditions industrielles et d'une manière très satisfaisante (1842); afin d'éviter les marbrures dans les larges surfaces, il eut recours à un châssis armé de petites brosses qui correspondaient aux parties saillantes du cylindre imprimeur, rencontraient le papier après l'action de ce cylindre et assuraient l'uniformité de la teinte.

Pour l'application simultanée des couleurs différentes, on a des machines formées d'un gros tambour central, sur lequel circule le papier, et d'une série de cylindres imprimeurs répartis autour de ce tambour; chaque cylindre dépose une couleur.

L'emploi des rouleaux gravés en creux peut convenir pour quelques genres de papier peint, peu chargés en couleur.

Des machines spéciales ont été imaginées pour les papiers rayés. Leur organe essentiel est un petit réservoir composé d'autant de compartiments qu'on veut faire de bandes; percés d'ouvertures régulières, les compartiments représentent une série de tire-lignes, au-dessous desquels passe le papier.

À peine est-il besoin de dire que, si la machine a pu étendre son domaine, le mérite en revient pour une large part à Robert, l'inventeur de la fabrication du papier sans fin. Le clichage est également un auxiliaire très utile. De nos jours, les machines sont ordinairement mues à la vapeur.

Les rouleaux peints doivent être séchés sur des tringles et sur des baguettes. Il existe des appareils qui accrochent le papier aux baguettes et le promènent jusqu'à ce qu'il puisse être roulé par longueurs de 8 mètres, après avoir été préalablement abattu et coupé.

Quand le papier doit être satiné ou glacé, le lissage a lieu, soit au moyen d'une pierre à lisser ou d'un petit cylindre qu'on fait circuler sur l'envers, soit au moyen d'une machine à brosses cylindriques, appelée *satineuse*, soit encore avec une brosse plate manœuvrée à la main.

Parmi les papiers de luxe, je citerai notamment les papiers veloutés, les papiers gaufrés. Le veloutage s'obtient en fixant, par des mouvements de trépidation, de la tontisse de laine sur une couche d'huile cuite. Quant au gaufrage, qui imite si heureusement les cuirs de Cordoue, il se réalise à l'aide de cylindres repousseurs, portant, l'un en creux, l'autre en relief, le dessin voulu; quelquefois, le rouleau creux, en même temps qu'il joue le rôle de matrice, applique une seconde teinte accusant davantage les saillies.

Sous le bénéfice de ces indications préliminaires, passons rapidement en revue les étapes successivement franchies par le travail du papier peint, au cours du XIX[e] siècle.

Jusqu'en 1827, l'impression s'est faite exclusivement à la planche plane (bloc de bois gravé en relief), que l'ouvrier appliquait à la main sur des feuilles collées les unes au bout des autres; un repérage à pointes assurait la correction des raccords. M. Follot cite un très

beau décor (Psyché et Cupidon), exécuté de cette manière en 1814 par des artistes français et pour lequel il avait fallu graver plus de 1,500 planches. La France jouissait d'ailleurs d'une primauté incontestée; elle comptait de nombreuses maisons fournissant des produits hors pair : Jacquemart, J. Dufour, Zuber, Mader, Gillou et Thorailler, J. Dufour et A. Le Roy, etc.

Parfois, les planches étaient faites en cuivre, quand les traits offraient trop de délicatesse pour le bois.

En 1827, apparut à Mulhouse, dans l'usine Zuber, l'impression au cylindre de cuivre gravé en creux, déjà appliquée aux tissus de coton; la machine, manœuvrée à bras, ne donnait que de petits quadrillés et des diagonales. Trois ans plus tard, Newton, ingénieur à Londres, perfectionnait le procédé et se faisait délivrer une patente pour un appareil qui comprenait des cylindres gravés, des cylindres distributeurs ou fournisseurs, un grand tambour recouvert de drap et muni à sa circonférence de rouleaux presseurs pour assujettir le papier, des cylindres sécheurs, des bobines ensouples servant à dérouler d'un bout et à enrouler de l'autre la bande de papier sous une pression convenable.

Les recherches mécaniques allaient se multiplier, notamment à Paris, non sans éveiller les craintes et les résistances des ouvriers.

Une véritable révolution se préparait par l'entrée en scène du papier sans fin, qui devait mettre à la disposition des industriels, d'abord des rouleaux de 8 à 9 mètres, puis des bobines d'une longueur pour ainsi dire indéfinie.

Vers 1837, Marchais et Bissonnet créaient une machine à une couleur avec cylindres de bois gravé en relief, appropriée aux coutils et aux petites rayures. Bientôt, Leroy inaugurait des machines vraiment pratiques à une ou deux couleurs; entre autres mérites, il avait notamment celui de l'invention du drap sans fin pour la répartition des couleurs sur les cylindres. À côté de ce fait capital, on peut mentionner la construction d'auges à compartiments remplis de couleurs parfaitement dégradées, pour l'obtention mécanique des teintes fondues précédemment réalisées par l'emploi du pinceau ou par l'application de teintes plates superposées (Zuber et Spœrlin, de Vienne), et celle des

machines tire-lignes, traçant des bandes d'un parallélisme rigoureux (Zuber fils).

M. Wolowski, rapporteur de la Commission française à l'Exposition universelle de Londres (1851), put rendre un légitime hommage à la supériorité de notre fabrication, tout au moins pour les papiers peints de qualité supérieure. L'honneur des principales améliorations revenait à la France; aucun autre pays ne réalisait au même degré la correction du dessin, l'ampleur de la composition et le fini de l'exécution. Sauf de rares exceptions, les manufactures étaient concentrées à Paris. Pour les produits de qualité inférieure, la Grande-Bretagne et les États-Unis arrivaient, en faisant largement appel aux procédés mécaniques, à fabriquer économiquement et à nous concurrencer ainsi avec succès: dès 1840, Potter, imprimeur d'étoffes à Manchester, avait organisé l'impression à la vapeur du papier continu.

Dans les premières années de la seconde moitié du siècle, Seegers, ouvrier doreur sur cuir, étendit au papier peint l'usage du balancier pour dorer et fournit un genre nouveau, qui devait conduire plus tard aux papiers avec relief et aux imitations de tous les grains ou points d'étoffe. Bientôt, la France importa des machines à huit couleurs; en 1860, Gillou et Thorailler montèrent de grandes machines anglaises, mues par la vapeur. Les faits saillants constatés à l'Exposition de 1867 furent : le développement considérable du travail mécanique; l'invention d'un certain nombre de papiers frappés, veloutés, dorés; le perfectionnement des papiers-cuirs, qui avaient conquis la faveur du public; l'application de couleurs nouvelles. Deux machines figuraient au groupe de la mécanique : un appareil à foncer; un appareil d'impression à six cylindres en relief, reproduisant les dispositions de l'ancien métier à surface des Anglais et assurant de bons résultats pour l'encrage. Malgré les améliorations dont ils avaient été l'objet, les procédés mécaniques demeuraient impuissants à fournir plus de vingt-quatre couleurs et à atteindre la perfection du travail manuel au point de vue du coloris, de l'harmonie des tons et de la dégradation des teintes. La France conservait d'ailleurs sa prééminence pour la variété des motifs, la richesse et la beauté des papiers de luxe.

Parmi les progrès mis en lumière par l'Exposition de 1878, se

rangeaient l'emploi plus fréquent des machines à foncer, l'accroissement du nombre des machines d'impression, le succès avec lequel la fabrication mécanique avait abordé les genres élégants et riches, l'usage plus répandu des moteurs à vapeur, la fidélité d'imitation des étoffes (soieries, velours, tapisseries, etc.), la tendance à une simplicité plus grande des dessins : il semblait que les manufacturiers eussent renoncé aux tours de force de 1855 et de 1867, aux compositions exigeant jusqu'à 3,000 ou 4,000 planches. La France, en possession du premier rang même dans l'ordre mécanique, montrait de beaux dessins comportant 24 couleurs et tirés à la machine.

En 1889, l'industrie française était restée digne de son passé. La fabrication à la planche continuait à être préférée pour les papiers riches; ses produits se recommandaient plus que jamais par leur belle qualité et leur bon goût. D'autre part, la fabrication mécanique avait pris de nouveaux développements et considérablement progressé : on comptait plus de 200 machines, dont beaucoup mues à la vapeur. Chaque jour, le travail au cylindre étendait son domaine et conquérait des articles naguère réservés au travail à la planche. Les papiers dorés à la machine, à peine abordés en France depuis douze ans, surpassaient ceux de nos rivaux étrangers, sans être plus coûteux. Une innovation était l'emploi mécanique du mica, si bien approprié aux effets de soieries à reflets. Les pointillés, les petits quadrillés et les mille raies au cylindre, particulièrement utiles pour les motifs de tapisserie, constituaient de même une invention récente [1]. L'imitation des cuirs patinés avec leurs ors de différentes teintes, des velours d'Utrecht ou de Gênes, des faïences, etc., se montrait admirablement réussie.

Peu de changements essentiels se sont produits après 1889. Cependant la machine a poursuivi ses progrès. Deux nouvelles pâtes à papier ont fait leur apparition : l'une, imitant la toile avec chiné de jute; l'autre, dite *veloutine*, de genre laineux, remplaçant les papiers veloutés. On attribuait à cette dernière l'avantage de ne pas retenir la poussière et d'être plus facile à imprimer et à coller, en même temps que plus économique; mais l'expérience n'en a pas consacré la supériorité.

[1] Cependant Réveillon en avait eu l'idée vers la fin du XVIIIe siècle.

Aujourd'hui, plusieurs maisons françaises livrent des couleurs d'excellente qualité à des prix défiant toute concurrence. Nous trouvons sur notre sol ou dans nos colonies les matières premières de nos vernis si recherchés, même à l'étranger. Le nord de la France fournit les huiles; le Midi, l'essence de térébenthine; le Sénégal, Madagascar et la Nouvelle-Calédonie, des gommes excellentes. D'habiles industriels de Charleval ont rompu le monopole que possédait l'Allemagne pour la fabrication des bronzes en poudre.

L'industrie du papier peint a pris une extension rapide en Allemagne; après s'être confinés dans les articles à bas prix, nos voisins ont abordé une production plus soignée. Aux États-Unis, la fabrication, bien que ne remontant pas au delà de 1826, est devenue fort active, grâce aux procédés mécaniques; les papiers, inférieurs à ceux de l'Europe, répondent aux besoins de la clientèle locale, ainsi que des marchés de l'Amérique du Sud et des Indes. En Angleterre, les fabricants ont formé une association qui dispose de puissants moyens d'action; comme je l'ai déjà indiqué, l'article lavable dit *sanitary* entre pour une large part dans leur production; ils emploient beaucoup aussi diverses sortes de pâtes à papier moulées et conservant de forts reliefs, pour tentures riches.

Notre exportation dépasse sensiblement l'importation; mais la concurrence étrangère a réduit l'écart pendant les deux dernières années du siècle.

On rattache ordinairement aux papiers peints de tenture les papiers dits *de fantaisie,* bien que ceux-ci servent surtout au cartonnage, à la reliure, au paquetage, à la chromolithographie, à la photogravure, etc.

La dénomination de papiers de fantaisie comprend d'innombrables variétés de papiers colorés, unis, marbrés, cailloutés, teintés en mosaïque, dorés, argentés, maroquinés, imitant l'écaille vernie, etc. Jusqu'en 1875, la fabrication en France était purement manuelle; à cette époque, a commencé la fabrication mécanique, qui est aujourd'hui d'un usage général. Nous sommes parvenus à lutter contre la concurrence redoutable de l'Allemagne et à faire économiquement

des articles comme le papier couché or et argent, le papier étain et le papier imitation de cuir, qui, naguère, provenaient exclusivement de l'étranger : aussi notre exportation présente-t-elle un excédent sensible sur l'importation. D'heureuses améliorations ont été, d'ailleurs, apportées aux conditions d'hygiène et de salubrité dans lesquelles travaillent les ouvriers.

Les stores transparents nous viennent de l'Orient, où ils ont précédé les verres à vitres; c'est sous le règne de Louis XV que l'usage a commencé à s'en répandre sur le sol français. Il en existe de nombreux genres, suivant les fluctuations de la mode qui est allée par exemple, vers la fin du siècle, aux étoffes plissées et aux types flamands avec broderies. Mais, seuls, les stores en papier ou en tissu, peints ou imprimés, appellent ici de courtes indications.

Tandis que d'autres pays et notamment l'Allemagne fabriquent des stores imprimés à bas prix, la France continue à livrer des produits d'un prix élevé. Sa spécialité est toujours le décor à la main ou au pochoir; ni les procédés à la planche, ni les procédés mécaniques, ne s'y sont répandus. L'industrie française pourrait utilement modifier son orientation.

4. Meubles. — L'industrie du meuble emploie les essences les plus diverses : acajou, amarante, aulne, bambou, bois d'or, bois de rose, bois de satin, bois des Indes, bois pétrifié, buis, camphrier, cèdre, cerisier, châtaignier, chêne, citronnier, ébène, érable, frêne, hêtre, noyer, orme, osier, palissandre, peuplier, pitch-pin, poirier, rotin, sapin, sycomore, thuya, tilleul, etc. Souvent, elle marie des bois de colorations différentes, notamment pour la marqueterie.

Au travail du bois s'associent le vernissage (vernis Martin, laque, etc.), la peinture, la sculpture, la dorure, la gravure, les incrustations (nacre, écaille, émaux, etc.), certains emplois de l'ivoire, les adaptations de marbre, de céramique, de verrerie, de métaux (fer, acier, cuivre, bronze, etc.). L'ébénisterie trouve également des auxiliaires dans le cuir, le drap, la broderie, etc.

Les évolutions du meuble intéressent surtout l'art décoratif. Quelques-unes, cependant, touchent à la matière ou à son élaboration.

Sous le Consulat et l'Empire, l'acajou dominait. L'introduction de ce bois en Europe remonte à 1720; elle est due à un célèbre médecin de Londres, Gibsons, qui en avait reçu de son frère, capitaine de vaisseau, plusieurs billes apportées comme lest sur un navire venant des Indes orientales et qui, après bien des résistances, finit par les imposer à son ébéniste Wollaston, pour la confection d'un bureau. Grâce à la variété de ses veines et de ses ronces, à la facilité de son polissage, à la franchise de ses tons, à sa durée, l'acajou conquit la mode et devint bientôt abordable aux plus modestes fortunes, sous la forme de placage. Au temps de Louis-Philippe, la vogue de l'acajou commença à faiblir; nos ébénistes firent les plus louables efforts pour répandre l'usage des bois indigènes, noyer, frêne rosé, orme noueux, chêne, aulne, merisier, érable, platane, peuplier, sapin. Lors de l'Exposition universelle de 1855, on put constater un recul notable de l'acajou et d'un autre bois exotique, le palissandre, en faveur du noyer, du chêne et du poirier teint, plus souples et plus dociles aux caprices de la sculpture. Vers 1878, le meuble plaqué, si fragile et si faux, avait perdu beaucoup de terrain et cédait devant le meuble massif. En 1889, le délaissement du placage s'était encore accusé, au profit des meubles en bois simplement ciré ou teint; comprenant les avantages d'une décoration moins chargée, mais plus solide, l'ébénisterie marquait une tendance très nette à réduire les pièces rapportées, clouées ou collées; les meubles légers et propres en pitch-pin verni trouvaient une clientèle nombreuse, en particulier pour les appartements de villégiature.

Jadis, les meubles étaient exclusivement fabriqués à la main. Les nécessités de la lutte contre la concurrence étrangère et, par suite, de la production à bon marché amenèrent, vers 1820, l'ébénisterie à se servir des machines-outils. Bientôt l'utilisation de ces machines s'étendit aux meubles de luxe. C'est ainsi que les moulures sont faites à la toupie et les hauts ornements à la scie mécanique. Pour les ornements sculptés, diverses tentatives de substitution du travail mécanique au

travail manuel ont été entreprises sans succès, et la gouge reste l'outil de prédilection.

À la fin du siècle, la valeur de nos importations était de 7,500,000 francs et celle des exportations de 14 millions. Dans les entrées figurent principalement les meubles en bois courbé d'Autriche, les sièges d'Italie, les meubles divers des États-Unis, d'Angleterre, d'Allemagne, de Belgique, d'Espagne, du Japon. Nos expéditions sont destinées à l'Algérie, à l'Angleterre, à la Belgique, à l'Allemagne, aux États-Unis, à la République Argentine, à la Suisse, etc.

5. Tapisseries, tapis, tissus divers d'ameublement. — Sauf exception, les instruments et les procédés de l'art du tapissier restent à peu près ce qu'ils furent dès l'antiquité.

On distingue la *tapisserie de haute lisse,* comme celle de la Manufacture nationale des Gobelins, et la *tapisserie de basse lisse,* comme celle de la Manufacture nationale de Beauvais ou des établissements particuliers d'Aubusson et de Felletin. Elles se font à l'envers, l'une sur un métier vertical, l'autre sur un métier horizontal. La chaîne est tendue à ses deux extrémités par des rouleaux et l'ouvrier y passe des fils de trame en laine, en soie ou en métal, enroulés sur de petites bobines qu'il change à sa fantaisie pour l'interprétation de la peinture du modèle.

À Beauvais, par exemple, les anciens métiers en bois ont fait place à des métiers en fonte, établis d'après le même principe, mais plus solides et moins encombrants. Ces métiers sont montés sur un axe pivotant, au moyen duquel l'ouvrier peut basculer le châssis et se rendre compte, à l'endroit du tissu, de l'effet ainsi que de la bonne exécution du travail. La chaîne est constituée par des fils de coton cordonnés retors; deux pédales, mises en communication par des nœuds avec les fils de cette chaîne, permettent de l'ouvrir et d'y faire les passées ou duitées. Tandis que la laine fournit les ombres et les demi-teintes, la soie sert aux clairs et aux rehauts. Au-dessous du métier se trouve un décalque (trait ou lavis) du modèle.

Parmi les faits du siècle intéressant la technique, il y a lieu de citer notamment : l'annexion progressive d'écoles à nos manufactures natio-

nales; la création, en 1812, du système de hachures à deux ou trois tons; l'invention, par Chevreul, de son cercle chromatique, qui définit plus de 14,000 tons. C'est en 1825 que les manufactures des Gobelins et de Beauvais ont eu leur domaine nettement délimité, la première monopolisant la tapisserie de haute lisse et recueillant les ateliers de la Savonnerie, alors que la seconde se cantonnait dans la tapisserie de basse lisse pour meubles, canapés, causeuses, fauteuils, tabourets, écrans, feuilles de paravent, dessus de portes et panneaux de tenture décorative.

Nîmes fabrique au métier Jacquard, mû à la main, de belles tapisseries en laine et soie. Roubaix et Tourcoing produisent aussi et à très bas prix des tapisseries similaires sur des métiers Jacquard, manœuvrés à la vapeur et exigeant, pour certains dessins, un nombre considérable de cartons.

La mode a adopté, malgré leur prix élevé, des peintures décoratives sur tissus à gros grains. Certaines imitations des Gobelins ou des Flandres, dues à des artistes de talent, éveillent une illusion acceptable.

Avant 1789, les tapis constituaient des objets de luxe inaccessibles à la consommation courante; l'industrie ne produisait, pour ainsi dire, que de grands morceaux extrêmement coûteux. Cette situation s'est heureusement modifiée et la fabrication des tapis ordinaires a pris une importance considérable pendant le XIXe siècle, grâce aux progrès de la mécanique.

La première place appartient aux *tapis à points noués*, comme ceux de la Savonnerie et comme la plupart des tapis orientaux. Ils reçoivent souvent la dénomination de tapis d'Orient, bien que certaines contrées orientales fabriquent, en outre des tapis veloutés, diverses sortes de tapis ras genre Aubusson et d'autres d'une contexture très serrée, très résistante, dits *schumaks* ou *chamakis*. Les tapis à points noués se font sur un métier de haute lisse, dont la chaîne généralement en laine et la trame en fil de chanvre ne sont ni l'une ni l'autre apparentes; à l'inverse de ce qui a lieu pour les tapisseries, l'ouvrier voit l'endroit du tissu; il noue à la main des brins de laine ou de mohair

sur les fils de la chaîne et en coupe les mèches à une certaine hauteur, afin de former une surface veloutée. Depuis 1870, la fabrication des tapis à points noués a pris chez nous un vif essor. Quelques efforts intéressants ont été faits, notamment à Aubusson, en vue de la production mécanique de ces tapis.

On donne le nom de *moquette* à un tissu intermédiaire entre le tapis ras et le velouté d'Orient, moins sec, plus moelleux et plus chaud que le premier, beaucoup moins cher que le second. Les premières moquettes, qui paraissent avoir été fabriquées à Abbeville en 1667, étaient veloutées et avaient, par suite, leurs mèches coupées. Peu après sont nées en Belgique les moquettes bouclées ou épinglées, sans mèches coupées. Les tisseurs combinaient une chaîne inférieure, tendue entre deux ensouples ordinaires, avec une ou plusieurs autres chaînes à fils lâches, ourdies sur des séries de bobines indépendantes (roquetins), qui s'adaptaient à un cantre ; ces derniers fils étaient successivement levés ou abaissés, soit pour laisser passer la trame, soit pour recevoir les tringles en fer servant à former les boucles ; après un certain nombre de coups de battant, l'ouvrier retirait progressivement les tringles du tissu et, à ce moment, une sorte de rabot tranchait, s'il y avait lieu, le sommet des boucles sur toute la largeur du tapis.

Les moquettes commencèrent à se répandre en Angleterre au commencement du siècle, et les manufacturiers de la Grande-Bretagne ne tardèrent pas à diriger leurs efforts vers la fabrication économique des tapis communs. Ces industriels furent les premiers à appliquer la mécanique Jacquard aux métiers de tissage des moquettes. Entre temps étaient inventés les moquettes à grils, c'est-à-dire à plusieurs chaînes de couleurs, les tapis chenille, les tapis à points tubes. Bientôt nos fabriques d'Aubusson, d'Amiens, de Roubaix, etc., suivirent l'exemple de l'Angleterre. L'année 1834 marqua la généralisation du métier Jacquard ; à la même époque, on constatait un notable développement de la moquette bouclée ou épinglée.

Pendant un certain temps, le tissage resta purement manuel, et les améliorations se bornèrent à des dispositifs ingénieux pour la manœuvre des fers et le tranchage des mèches. W. Wood, de Wilton, ac-

complit une véritable révolution en remplaçant le bras de l'homme par la machine à vapeur; grâce à de persévérantes études entreprises dès 1840, il parvint à établir un métier mécanique où les diverses fonctions de l'appareil, mouvement du battant et de la mécanique Jacquard, insertion et extraction des fers, coupage des boucles à l'aide de lames obliques adaptées à ces fers, s'effectuaient automatiquement. L'inventeur présenta son métier à l'Exposition universelle de 1855, après y avoir apporté divers perfectionnements. Tandis que la fabrication mécanique se propageait en Angleterre et ensuite aux États-Unis, la France reculait devant une transformation de son matériel, et il faut aller jusqu'à 1880 pour voir nos industriels s'engager vraiment dans la voie nouvelle, sous la pression d'une concurrence redoutable. Les constructeurs français n'arrivaient, d'ailleurs, pas à lutter contre ceux d'Outre-Manche; aussi fut-il nécessaire d'importer des métiers mécaniques anglais du système Wilton.

Une autre innovation heureuse et remarquable apparut en Angleterre vers 1855 : le procédé d'impression sur chaîne, simulant les dessins et les coloris des moquettes fabriquées à l'aide de la jacquard. La fabrication mécanique des moquettes bouclées ou veloutées, ainsi imprimées sur chaîne, permettait d'obtenir des tapis d'un bon marché extraordinaire. Nous nous sommes, plus tard, pourvus d'un outillage analogue à celui de nos voisins.

L'Exposition universelle de 1900 a attesté, tout à la fois; des progrès nouveaux et le comblement des lacunes que pouvait encore présenter naguère la fabrication française. À nos métiers mécaniques est maintenant adaptée la jacquard en fer du type Vincenzi, qui assure une économie sensible sur les cartons. La machine Jacquard, elle-même, a été très réduite, et il devient facile d'en avoir trois, quatre ou cinq pour un seul métier : de la sorte, les producteurs font aisément des carpettes d'une largeur de 3 à 4 mètres sans répétition dans les dessins.

Afin de pénétrer dans les pays dont les droits de douane sont presque prohibitifs pour les moquettes en laine, plusieurs fabricants recourent au coton et au jute.

Entre autres nouveautés mises en lumière par l'Exposition de 1900,

le rapport du jury signale les *tapis parisiens* de MM. Duquesne et Cie, obtenus sur des métiers mécaniques assez analogues aux grands métiers à dentelle; les fils de la chaîne destinés à faire velours s'enroulent autour de la chaîne de force en chanvre, lin, jute ou coton; il en résulte un envers laineux reproduisant, en une sorte de gros points de tapisserie, le dessin que l'endroit montre en velouté.

Le jonc, le chanvre, le bambou, l'aloès, l'alfa, les fibres du cocotier, etc., fournissent depuis longtemps des *tapis de sparterie*. Divers pays orientaux, tels que le Japon, l'Indo-Chine, le Siam, sont parvenus à produire des nattes d'une finesse extrême et d'une grande originalité. La France et la Belgique excellent à fabriquer, en sparte et en aloès, des tapis aux gros points noués, dont les dessins de coloration chaude rappellent les tapis d'Orient.

Une étude complète des *tissus d'ameublement* serait fort longue. Il me sera permis de l'abréger en élaguant d'une manière à peu près absolue le matériel, qui fera plus loin l'objet d'un examen d'ensemble pour tous les tissus autres que les tapisseries et les tapis.

Après la Révolution, le premier fait important fut l'application de la mécanique Jacquard, vers 1802. Les centres industriels de Lyon, Tours, Nîmes, adoptèrent les premiers cette mécanique. Ils monopolisaient les soieries lancées à plusieurs lats, les velours de Gênes ou de Venise, les brocarts, les brocatelles et les lampèzes, soieries brochées ou spoulinées. L'ameublement n'employait guère alors, outre ces étoffes, que les velours d'Utrecht unis ou gaufrés, les calicots imprimés, les draps unis et les tissus de crin, dont la fabrication avait pris pied en France à la fin du XVIIIe siècle ou au commencement du XIXe.

Vers 1840, la région du Nord introduisit, à son tour, la jacquard dans la fabrication des étoffes de fantaisie. Diverses additions, notamment celle des mécaniques d'armures, simplifièrent et accélérèrent le tissage. Aux damas de laine, aux satins à chaîne de laine avec dessins de couleur enlevés par une trame de laine se joignirent peu à peu des étoffes mélangées, des damas et des satins de soie et laine, des reps de laine avec rayures à dessins enlevés en soie.

Pendant assez longtemps, ces étoffes, aujourd'hui démodées, suffirent aux demandes du public. Les étoffes unies formaient, à cette époque, la base de l'ameublement bourgeois; à l'étranger, comme en France, les stoffs (sortes de toile en pure laine), les satins de laine, les reps de laine épinglés à côtes plus ou moins fines, les velours d'Utrecht tissés à Amiens, avec des éléments de pékinades coloriées par ourdissage, jouissaient d'une extrême faveur.

En 1871, la mécanique Jacquard fut appliquée aux métiers mus par la vapeur pour les étoffes d'ameublement. Ce progrès mécanique détermina la multiplication des tissus mélangés de fantaisie en soie et laine, en laine et coton, en coton et jute, ainsi que des tissus tout en coton et tout en jute. La fabrication française par métiers automatiques prit un vif essor.

L'Exposition universelle de 1878 montra le chemin parcouru par la France. À côté des soieries de Lyon et de Tours, des riches étoffes de Nîmes, Paris et Bohain, figuraient les nombreuses étoffes mélangées du Nord; d'admirables imitations de velours de Gênes frisés et coupés, des reproductions sur métier mécanique de lampas, soieries, brocarts et brocatelles, constituaient une révélation; les étoffes de coton, les tissus de jute et spécialement les velours, les rideaux et tentures en armures diverses tirées de cette matière, les velours unis en lin d'une largeur de 1 m. 30, recueillaient le plus franc succès.

À l'Exposition de 1889, les conquêtes de la production mécanique s'affirmèrent hautement, en particulier pour les tissus de fantaisie fabriqués à Roubaix, Tourcoing, Lannoy et Thizy. Lyon, Tours, Nîmes, Bohain continuaient d'ailleurs le tissage à la main de leurs riches soieries. Ces soieries étaient imitées mécaniquement et à des prix moins élevés, grâce au remplacement de l'organsin par la schappe dans la chaîne et de la soie des Cévennes ou de Chine par la soie tussah dans la trame. On remarquait les étoffes de coton à dessins français ou plutôt orientaux, obtenus au moyen de la superposition de plusieurs chaînes lattées. Les reps, satins et damas de laine avaient presque disparu; fabriqué en double pièce à la fois, le velours de lin éliminait le velours d'Utrecht. Sans avoir rien perdu de ses mérites, l'impression mécanique était moins active, par suite des progrès du

tissage à la machine; les imprimeurs revenaient au travail manuel, plus apte à certains effets décoratifs; ils opéraient non seulement sur coton, mais aussi sur lin, jute, laine, poil de chèvre.

La période 1889-1900 n'a pas été stérile. Des imitations de soieries en coton mercerisé pour tentures murales ont efficacement aidé notre commerce d'exportation. Le mariage de la soie et du coton mercerisé donnait en même temps d'autres imitations très intéressantes de soieries. Mais la nouveauté principale, l'une des plus importantes dont aient jamais bénéficié les étoffes d'ameublement de qualité courante, est la fabrication à fardages. En combinant quatre, cinq ou six chaînes de couleur avec deux, trois ou quatre trames, selon le dessin, elle fournit mécaniquement à la jacquard des étoffes d'une richesse surprenante; ces étoffes peuvent être en coton. On exécute ainsi soit des tapisseries d'une étonnante finesse de détails, soit d'autres tissus dont le dessin enlevé en tons vifs ou rompus, tantôt sur fond de coton, tantôt sur fond de soie, est des plus séduisants.

Il y a lieu de mentionner aussi des procédés nouveaux d'encartage photographique, puis un système électrique de lecture et de perçage des cartons.

Nous avons 17,000 métiers mécaniques ou à bras affectés aux étoffes d'ameublement, et notre production comprend des tissus très variés : tissus unis et classiques, tissus de crin, tissus mélangés, tissus imprimés, tissus brodés, toiles peintes en imitation de tapisserie.

La *toile cirée* remonte au XVIII[e] siècle. Son enduit a pour éléments l'huile de lin et le blanc de Meudon; le tissu est en coton, en jute ou en chanvre. Après impression, la toile cirée passe à l'étuve. Les procédés d'impression à la planche de bois (1834), ceux de la lithographie et l'emploi d'engins mécaniques pour la pose des fonds ainsi que pour le ponçage ont puissamment concouru au développement de la fabrication. Nous luttons avec peine contre l'étranger au point de vue des prix.

Galloway imagina en 1844 un nouvel enduit formé par des déchets de caoutchouc et de la poudre de liège; le kamptulicon, fabriqué au moyen de cet enduit, était chaud, hydrofuge, élastique, mais coûtait

cher. En 1860, Walton substitua au caoutchouc l'huile de lin et créa le *linoléum,* dont l'usage ne tarda pas à se répandre. La préparation du linoléum exige une assez longue série d'opérations : oxydation de l'huile, suivant les méthodes Walton, Taylor ou Bedford, par contact intime avec l'air; addition de gommes, de résines, et cuisson, donnant un composé dit *ciment;* concassage de déchets de liège préalablement triés, mouture et blutage; mélange du ciment, du liège en poudre et d'ocres ou d'oxydes de fer dans des appareils broyeurs et diviseurs; application de l'enduit chaud sur une toile de jute, à l'aide de calandres; pose d'un autre enduit sur l'envers; séchage ou envoi aux ateliers d'impression, soit manuelle, soit mécanique. Un défaut commun à toutes les impressions est de s'altérer rapidement. MM. Walton, Leake, Godfrey, Lucas, Nairn, cherchant à y porter remède, ont inventé des linoléums granités ou incrustés; le principe général des procédés d'incrustation consiste à distribuer les enduits des différentes nuances sur le tissu, au moyen de formes spéciales, puis à lier le tout par la chaleur et la pression.

On utilise le *cuir* pour les tentures murales et les garnitures de sièges. Les moyens de décor sont l'estampage, le gaufrage, la ciselure à main levée, la peinture, la dorure. Jadis, les fabricants employaient à l'estampage et au gaufrage des matrices de bois en creux et en relief; le bois a été remplacé par le cuivre. L'usage des cylindres de cuivre gravé a réduit le prix des cuirs gaufrés.

Les cuirs factices sont entrés en concurrence avec les cuirs naturels. Ils s'obtiennent par le mélange et la compression de matières diverses, puis par l'application d'enduits spéciaux.

Récemment est apparu le cuir aggloméré. On le prépare en encollant et en soumettant à la presse hydraulique des déchets de corroirie provenant du dragage des peaux tannées.

Parmi les articles qui viennent d'être passés en revue, quelques-uns donnent lieu à un commerce extérieur assez actif.

C'est ainsi qu'en 1900 l'importation des tapis de laine pure ou mélangée a atteint 2,610,000 francs (dont 1,755,000 francs pour les tapis d'Orient ou leurs imitations, principalement envoyés par la

Turquie et l'Angleterre), et l'exportation, 2,770,000 francs; l'importation des étoffes de pure laine et des velours de même matière pour l'ameublement, 950,000 francs, et l'exportation, 3,770,000 francs; l'importation des toiles cirées et du linoléum, 8,260,000 francs (dont la plus grosse part pour les provenances d'Angleterre), et l'exportation, 840,000 francs.

6. **Céramique.** — Les différentes variétés de produits céramiques se rangent dans la classification suivante : porcelaines; grès; faïences; briques, tuiles, poteries de construction, terres cuites architecturales.

Toutes les porcelaines doivent être blanches, translucides et vitrifiées dans leur masse; elles sont imperméables à l'eau et résistent à l'action de la gelée, même sans couverte. On distingue : 1° la porcelaine dure, qui cuit entre 1,300 et 1,400 degrés (pâte de kaolin, de feldspath et de quartz; couverte de feldspath et de quartz parfois additionné de carbonate de chaux); 2° la porcelaine tendre anglaise, qui cuit entre 1,100 et 1,200 degrés (pâte de kaolin, souvent d'argile plastique blanche, de feldspath, de quartz et de phosphate de chaux; glaçure en verre alcalino-plombeux contenant de l'alumine et de l'acide borique); 3° la porcelaine tendre française, qui se rapproche du verre et cuit vers 1,100 degrés (pâte obtenue par le mélange d'une fritte alcaline, de marne blanche et de craie; émail en verre alcalino-plombeux analogue au flint-glass). Une autre matière, encore plus proche du verre par sa composition, mais façonnée comme la céramique, est apparue à la fin du siècle, sous le nom de pâte de verre. Dans les porcelaines dures, il existe deux types bien tranchés : le type européen à couverte feldspathique; le type oriental à couverte feldspathique et calcaire. Le premier de ces deux types, plus alumineux, cuit à très haute température, est plus dur, se prête bien à la fabrication d'objets usuels, mais ne comporte que des procédés restreints de décoration; quant au second, qui cuit à une température inférieure, son désavantage au point de vue de la solidité a comme contre-partie le mérite d'offrir des ressources décoratives très variées. Tandis que les Chinois et les Japonais emploient soit, au feu de four, les couvertes colorées, les couleurs sous couverte, les couleurs entre

deux couvertes, soit, au feu de moufle, les émaux translucides et opaques, les Européens se contentent des pâtes colorées et des peintures au petit feu; cependant ils sont arrivés récemment aux couleurs de grand feu posées sur ou sous couverte.

Durs, sonores, opaques, légèrement vitrifiés dans leur masse et par suite imperméables aux liquides sans le secours d'un vernis, les grès-cérames ne diffèrent des porcelaines que par leur défaut de transparence et de blancheur. Ils se divisent en deux catégories, suivant qu'on les fabrique au moyen d'argiles propres à donner naturellement une poterie imperméable après cuisson ou de pâtes rendues dans une certaine mesure fusibles par l'addition de matières feldspathiques. Ceux de la première catégorie fournissent des tuyaux, des ustensiles de ménage, des pièces d'art ou d'architecture; ceux de la seconde catégorie sont utilisés pour les carrelages, les revêtements décoratifs, la mosaïque, et, grâce à leur couleur claire, peuvent être colorés dans la masse des tons les plus divers. Le grès reçoit au besoin des couvertes colorées, analogues à celles de la porcelaine, mais moins glacées; souvent, ces couvertes mates ne sont que des matières naturelles ou des résidus de l'industrie (laitiers, scories de hauts fourneaux, laves, basaltes, pierres ponces). Pour les objets usuels, on se contente d'une glaçure par projection de sel marin humide dans le four à la fin de la cuisson.

Une démarcation très nette s'établit entre la faïence fine et la faïence stannifère. La faïence fine est à pâte opaque, blanche ou légèrement jaunâtre, fine, sonore, difficilement rayable par l'acier; cette pâte se compose d'une argile plastique plus ou moins fusible, de kaolin, de silice fournie par des galets calcinés, enfin d'une roche fusible (cornwall stone, feldspath ou sables naturels feldspathiques et micacés); sa glaçure transparente et relativement dure consiste en un verre alcalino-plombeux qui contient ordinairement de l'acide borique et de l'alumine. Pour la faïence stannifère, la pâte, opaque, perméable, en général colorée dans sa masse, tendre, à texture lâche, à cassure terreuse, est constituée soit par une argile naturelle renfermant du sable quartzeux et du calcaire, soit par un mélange d'argile réfractaire, de sable et de marne; quelquefois, on y

introduit le calcaire à l'état de craie; habituellement, l'Angleterre emploie de l'argile non calcaire; la glaçure se fait au moyen d'un émail opacifié par l'étain ou beaucoup moins fréquemment d'émaux colorés transparents.

Les briques, tuiles, poteries de construction, terres cuites architecturales, sont des céramiques à pâte tendre, perméables, présentant une cassure terreuse; leur matière première est de l'argile siliceuse ou de l'argile calcaire; elles peuvent être émaillées. Une différence essentielle sépare les produits de l'argile siliceuse et ceux de l'argile calcaire : alors que les premiers résistent à l'action des feux les plus violents, les autres ne conviennent qu'aux matériaux n'ayant pas à subir de hautes températures.

En traitant de l'art décoratif, j'ai été conduit à jalonner l'évolution de la céramique au cours du XIXe siècle. Il suffira ici de très brèves indications complémentaires.

La composition des pâtes destinées à la porcelaine a été progressivement améliorée : c'est ainsi, par exemple, que Brongniart établissait, en 1836, pour la porcelaine dure, une formule scientifique depuis indiscutée; c'est encore ainsi qu'apparaissait, en 1882, la pâte dure nouvelle de MM. Lauth et Vogt. Récemment, la Manufacture de Sèvres a repris, d'après les vieilles formules, la fabrication de la porcelaine tendre, qui jadis avait fait sa renommée. Dans son rapport sur l'Exposition de 1889, M. J. Loebnitz développait avec force les avantages de cette résurrection pour les décorateurs : quand Brongniart renonça à la pâte tendre, il vendit tout ce qui restait à Sèvres de porcelaine non décorée, et les pièces blanches ainsi mises en circulation alimentèrent pendant un certain temps le travail des artistes étrangers à la manufacture; une fois le stock épuisé, ces artistes durent s'adresser aux usines privées de Saint-Amand et de Tournay; enfin leur seule ressource fut la pâte phosphatée anglaise, dont les qualités n'étaient pas les mêmes.

Peu à peu, l'usage du grès cérame pour les distributions d'eau et les appareils sanitaires s'est répandu grâce aux garanties de dureté et de propreté qu'offre cette matière; les fabricants ont pu développer

et perfectionner leur industrie, d'abord en Angleterre, puis en Belgique, en Allemagne, en France; aujourd'hui, nous sommes en mesure de lutter victorieusement contre la concurrence étrangère. D'autre part, la fabrication du grès pour dallages, carrelages, mosaïques, construction, décoration architecturale, a pris une réelle activité.

Au XVIIIe siècle déjà, l'Angleterre produisait abondamment la faïence fine. Ce fut seulement en 1824 que M. de Saint-Amans, après plusieurs voyages au delà de la Manche, entreprit d'importer dans notre pays la fabrication de cette faïence : ses essais aboutirent, avec le concours de Brongniart, alors directeur de Sèvres, qui mit généreusement à sa disposition un atelier, un four, des moules et une collection de terres argileuses. L'impulsion était donnée et gagna nos principales manufactures; celles de Montereau et de Creil firent preuve d'une grande initiative et contribuèrent largement à doter la France du nouveau produit. De leur côté, la Prusse, la Belgique, la Hollande, la Suède, s'engageaient dans la même voie. Partout, des progrès ont été réalisés; la France tient dignement sa place. Les conquêtes de la porcelaine et de la faïence fine devaient nécessairement atteindre la faïence stannifère, dont la réputation avait été si haute durant plusieurs siècles, sous les noms de Rouen, Nevers, Moustiers, Strasbourg, Urbino, Delft, etc.; cette faïence conserve pourtant d'utiles débouchés dans les revêtements d'intérieur et les appareils de chauffage; les efforts tentés depuis 1850 pour la remettre en honneur au point de vue artistique eussent pu être plus heureux, si les céramistes ne s'étaient pas contentés, pour la plupart, de pastiches du passé; une application intéressante à la décoration architecturale a fait naître, en 1878 et 1889, des espérances bientôt déçues par suite de la concurrence du grès.

Des diverses branches de la céramique, nulle n'a accusé autant de progrès industriels que la briqueterie et la tuilerie. Pour les couvertures ordinaires, le type le plus répandu est celui de la tuile à emboîtement, imaginée en 1835 par Gilardoni. Les architectes recourent souvent aux briques colorées dans la pâte en tons rouge, rose, blanc, noir, et aux briques ou tuiles émaillées; les briques émaillées coûtent

encore trop cher et beaucoup ont le défaut d'être tressaillées. Depuis plus de vingt ans, nos manufacturiers produisent des terres cuites architecturales de la meilleure qualité.

En ce qui concerne les matières premières, le fait marquant a été l'essor pris par la fabrication des couleurs vitrifiables. Jadis, les producteurs n'étaient guère réputés chacun que pour une couleur. La situation s'est entièrement tranformée; cette transformation doit être attribuée en grande partie aux études et aux publications de savants tels que Brongniart, Salvétat, MM. Lauth et Vogt, M. Seger. Cependant la science n'a pas notablement augmenté l'étendue de la palette céramique.

. Les dangers d'intoxication auxquels peuvent être exposés les ouvriers qui manipulent des émaux plombeux en poudre ont éveillé la légitime sollicitude des hygiénistes et des industriels. Parmi les moyens indiqués en vue de prévenir ces dangers, deux méritent d'être signalés : ils consistent, l'un à introduire de l'acide borique dans les émaux, à substituer la chaux à l'oxyde de plomb et à préparer ainsi des silicoborates de chaux et de potasse, l'autre à remplacer l'oxyde de plomb par l'oxyde de bismuth.

Jusqu'à une date très peu éloignée, tout l'or brillant employé en France venait de l'étranger. Les recherches entreprises, dès 1850, par plusieurs de nos compatriotes ont enfin abouti. Mais, quelle que soit sa provenance, l'or brillant ne donne pas une dorure de longue durée.

L'argile ne constitue pas une matière minéralogique définie; elle est généralement formée par le mélange des débris de roches avec une matière plastique. Aussi sa composition ne peut-elle être facilement déterminée d'une manière certaine. Malgré les savants travaux de Forchammer, de Brongniart et Malaguti, de Mitscherlich, plus d'un point restait obscur; l'analyse mécanique, l'analyse chimique et l'étude micrographique ont jeté quelque lumière sur la question. L'analyse mécanique, perfectionnée par Schœn en 1867, consiste à séparer les éléments de l'argile par ordre de grosseur des grains, à l'aide d'un courant d'eau; l'analyse chimique est basée sur la pro-

priété que possède l'acide sulfurique de décomposer les seules matières plastiques dans les argiles. Synthétisant les résultats de nombreuses expériences, M. Vogt formule les conclusions suivantes : les kaolins et les argiles doivent leur plasticité à la kaolinite, silicate d'alumine hydraté et cristallisé en petites lamelles hexagonales; les alcalis sont introduits dans les kaolins et les argiles par des débris impalpables de mica blanc, minéral auquel un broyage soigné donne la plasticité et les propriétés générales de la kaolinite ; enfin la matière argileuse des marnes semble être formée par des débris de minéraux magnésiens, biotite, chlorite ou autres.

Il est manifeste que, pour éviter la tressaillure ou l'écaillage, un accord doit exister entre la dilatation de la pâte et celle de la couverte. L'initiative des recherches relatives à ces dilatations appartient à M. Seger (1882); le problème a été ensuite serré de plus près par MM. Le Chatelier, Damour, Coupeau. Plusieurs faits paraissent acquis: accroissement du coefficient de dilatation par la présence du quartz, surtout finement broyé ; effet inverse du feldspath et généralement des matières vitrescibles; existence de variétés de silice à dilatations très différentes ; élévation du coefficient, pour les pâtes non vitrifiables, avec la température de cuisson; décroissance du coefficient des pâtes vitrifiables quand la température de cuisson augmente ; réduction ou accroissement de la dilatation des pâtes par les argiles, suivant la composition de ces dernières.

La préparation des matières premières exige diverses manipulations, qui se font aujourd'hui mécaniquement.

Pour les porcelaines et la faïence fine, par exemple, une opération essentielle est le broyage. On y a employé des bocards, des pilons, des moulins à meules verticales avec râteaux, des moulins à meules horizontales analogues aux moulins à blé et poursuivant l'œuvre des meules verticales, etc. Les moulins à blocs, dits *à l'américaine*, ont eu aussi beaucoup de vogue : des blocs de pierre, traînés ou poussés sur une aire circulaire, mélangeaient en même temps qu'ils trituraient; l'espace occupé était considérable et le rendement médiocre. Maintenant, les céramistes recourent de préférence aux moulins Alsing, qui n'oc-

cupent qu'un emplacement restreint et consomment peu de force: ces moulins se composent de cylindres en fonte, avec revêtement intérieur en briquettes de porcelaine ou de grès; la matière à broyer y est chargée en même temps que des galets de quartz; pendant la rotation des cylindres, matière et galets s'entre-choquent, et la réduction en poudre impalpable se produit très rapidement, surtout en présence de l'eau.

Avant le façonnage de la pâte à porcelaine ou à faïence, il faut la raffermir, lui donner la consistance voulue. Les anciens procédés consistaient soit à la chauffer dans des étuves, soit à la déposer dans des caisses de plâtre aux parois poreuses et filtrantes. Ces procédés ont été abandonnés pour celui du filtre-presse, inventé en 1857 par Needham et Kite, présenté en 1862 à l'Exposition de Londres et bientôt adopté en raison de ses avantages au point de vue de la rapidité d'action aussi bien que de l'espace occupé. Des batteuses ou marcheuses, remplaçant le pied de l'homme, complètent le travail du filtre-presse et assurent l'homogénéité des galettes.

La terre à briques, à tuiles, à tuyaux de poterie, etc., doit être corroyée. Ce corroyage s'effectue au moyen de machines variées (cylindres broyeurs, tonneaux malaxeurs, etc.).

Une fois préparée, la pâte subit le façonnage. Jadis, l'instrument classique pour la porcelaine et la faïence était le tour à axe vertical, muni d'un disque inférieur en bois que l'ouvrier faisait tourner avec le pied et d'un disque supérieur plus petit qui recevait la pâte à façonner; cet appareil élémentaire servait non seulement à l'ébauchage, mais aussi au tournassage. Vers 1860, sont apparus les tours propres à façonner mécaniquement les objets.

M. Faure, ingénieur et constructeur à Limoges, a très heureusement résolu le problème de la fabrication mécanique des assiettes en porcelaine dure. Ses appareils, qui figuraient à l'Exposition de Vienne (1873), comprenaient une machine à faire les croûtes, une machine à centrer, une machine à mouler et à calibrer; tandis qu'à la main un ouvrier ne produisait pas plus de 100 assiettes par jour, les machines Faure, conduites par un ouvrier et deux aides, en donnaient de 450

à 600 ; la fabrication offrait en outre beaucoup plus de régularité. En 1873, les mouvements étaient encore partiellement réglés à la main ; peu après, M. Faure parvint à rendre le travail tout à fait automatique. Allant plus loin dans la même voie, l'inventeur réussit à fabriquer les plats ovales. Puis il présenta en 1889 une machine nouvelle, complétant l'outillage de fabrication des pièces régulières et destinée à la confection du creux fermé.

Aujourd'hui, l'usage des tours à façonner mécaniquement est tellement répandu, qu'il devient très difficile de trouver un ouvrier tourneur apte à l'exécution d'une pièce importante avec le seul secours du tour et des mains.

Le moulage de la pâte à porcelaine dans des moules métalliques, au moyen de la presse, avait été longtemps restreint à des pièces simples comme les anses et les pernettes ; des améliorations récentes en ont étendu l'application à de petites pièces présentant des formes très compliquées et très précises ; cependant il est encore loin d'éliminer le tour. On moule aussi à la presse les carreaux de revêtement en faïence : la compression se fait sur de la pâte en poudre presque sèche. Le même procédé sert pour les carrelages en grès.

Employé pour la première fois en 1789 à Tournay, puis à Fontainebleau, le coulage des pâtes à porcelaine est largement entré dans la pratique. Il permet d'obtenir des pièces minces qui ne pourraient être fabriquées par d'autres moyens. Pour les pièces de grandes dimensions, l'opération exige le secours de l'air comprimé ou du vide.

Le façonnage des briques pleines et des tuiles plates appelle des indications un peu plus complètes. Un bon ouvrier peut mouler 10,000 briques en douze heures ; on conçoit donc que le façonnage à la main n'ait pas été facilement détrôné par le façonnage mécanique. Cependant les recherches des inventeurs remontent à une époque déjà lointaine. Les procédés automatiques ont été inaugurés au commencement du XIXe siècle par Hattenberg (Russie) et Kinsley (États-Unis) : Hattenberg se servait d'une auge horizontale, fermée sur quatre faces, avec double piston refouloir et tuyère pyramidale aux deux bouts ; Kinsley employait une tonnelle ou baquet tronconique, où la pâte se malaxait pour descendre ensuite dans les moules, ame-

nés successivement sous le baquet et rasés par le revers de lames hélicoïdales. Vers la même époque, Potter essayait à Paris le rebattage au balancier à vis des briques moulées et séchées à la façon ordinaire. Il y a lieu de citer encore, pour la période des débuts, une machine américaine perfectionnée par Doolittle (États-Unis) et Bradley (Angleterre), ainsi qu'une autre machine imaginée par Cundy (Angleterre). En 1851, Salvétat, rapporteur du jury, rangeait les différents systèmes dans quatre groupes: 1° machines imitant le travail à la main; 2° machines opérant le moulage par un mouvement de rotation continu; 3° machines faisant le moulage avec un moule qui découpait; 4° machines faisant le moulage au moyen d'une filière et découpant ensuite, soit par un couteau, soit par un fil. Les machines de la première catégorie comportaient un cadre en fonte, animé d'un mouvement continu ou d'un mouvement de va-et-vient: dans la première partie de sa course, le moule se remplissait en passant sous une trémie; dans la seconde, il se présentait sous une pièce exerçant la pression nécessaire; enfin dans la troisième, il débordait la plaque de fond pour arriver sous un poussoir destiné au démoulage. Entre les machines de la seconde catégorie et celles de la première, la seule différence était le remplacement du moule unique par plusieurs moules disposés sur un plateau circulaire tournant autour d'un axe vertical, ou sur la face d'un cylindre tournant autour d'un axe horizontal. Les machines de la troisième catégorie découpaient, à la manière d'emporte-pièce, la pâte préalablement réduite en nappe d'une épaisseur convenable. Quant aux machines de la quatrième catégorie, elles comprenaient une filière, un piston poussant la terre et l'obligeant à se mouler, ainsi qu'un couteau ou un fil de laiton opérant le découpage. Le général Poncelet recommandait spécialement une machine de la première catégorie, imaginée par Carville en 1840 et récompensée l'année suivante par l'Académie des sciences. Rien de bien nouveau n'apparut en 1855 ni en 1867; mais une tendance se manifestait vers l'emploi simultané d'appareils combinés de telle sorte que la matière se déversât de l'un à l'autre sans l'intervention de l'ouvrier. En 1878, les machines s'étaient multipliées et avaient fait l'objet de divers perfectionnements; on n'hésitait plus à

reconnaître les avantages qu'elles pouvaient offrir dans beaucoup de cas. Depuis, le mouvement s'est encore accentué. Sous des formes variées, les machines continuent à se classer dans l'une ou l'autre des catégories de la nomenclature de 1851 ; elles sont, en général, bien construites et très rustiques.

On peut façonner les briques pleines et les tuiles plates à pâte molle, à pâte ferme ou à pâte sèche. Le choix dépend de la machine et de l'argile. Pour le travail à pâte molle, les machines de la quatrième catégorie sont les plus répandues ; leur capacité de production va jusqu'à 10,000 briques par heure. Les mêmes machines, avec une structure plus robuste, conviennent également au travail à pâte ferme. Il faut, pour le travail à pâte sèche, des presses d'une grande puissance, agissant par pression progressive. Ce dernier mode de travail a toujours eu plus d'adversaires que de partisans: son avantage principal est de donner des produits qui, eu égard à leur siccité, peuvent subir directement la cuisson; en revanche, il paraît assurer moins bien l'épuration et le mélange des matières.

M. Borie a vulgarisé les briques creuses en inventant une machine hautement appréciée lors de l'Exposition de 1851. Cette machine extrêmement simple comportait deux caisses qu'on remplissait de terre, deux pistons mus par des crémaillères et des engrenages, des cribles placés à l'arrière des caisses, et des filières faisant suite aux cribles. Les pistons chassaient la terre vers les cribles qui arrêtaient les corps étrangers, puis vers les filières; la nappe moulée s'avançait sur une table et le découpage avait lieu au moyen d'un châssis armé de fils de fer.

Pour les tuiles mécaniques, il existe d'assez nombreuses machines travaillant soit en terre molle, soit en terre dure. Quand le travail se fait en terre molle, la terre est jetée dans un moule en plâtre et fonte; un contre-moule s'y applique et reçoit l'action d'une forte presse. Lorsque le travail s'effectue en terre dure, l'opération commence par un étirage en galettes et se termine par la transformation de ces galettes en tuiles. Tels sont, du moins, les procédés en quelque sorte classiques.

Bien longtemps avant qu'apparussent les briques creuses, on

faisait déjà mécaniquement des tuyaux en poterie. Toutefois la première machine réellement bien conçue ne remonte qu'à 1838; elle a été inventée par Reichenecker, d'Ottwiller (Haut-Rhin), qui obtint, en 1846, le prix fondé par la Société d'encouragement. Cet industriel plaçait la pâte d'argile dans un cylindre de fonte vertical et la refoulait, à l'aide d'une presse hydraulique, vers une tuyère à noyau plein adaptée au fond du cylindre. Le développement du drainage imprima bientôt une vive impulsion à la fabrication mécanique des tuyaux. Dès 1851, le rapporteur des arts céramiques à l'Exposition de Londres dénombrait un grand nombre de machines appartenant à des systèmes divers, mais aboutissant toutes au passage de la pâte sous pression dans des filières. Quoique perfectionnées dans leur mécanisme, les machines actuelles fonctionnent d'après les mêmes principes que leurs devancières.

Les briques et les tuiles destinées à être cuites dans les fours continus sont séchées au moyen d'appareils d'un débit aussi grand que possible. Un progrès notable a été l'utilisation des chaleurs perdues par les fours et les machines motrices. Vers la fin du siècle, les céramistes, franchissant une nouvelle étape, ont installé des séchoirs-tunnels, dont le principe est le même que celui des fours à circulation; la disposition de ces séchoirs prévient, en général, les condensations de vapeur d'eau sur les briques ou tuiles et assure souvent la récupération d'une partie de la chaleur. La combinaison des séchoirs-tunnels et des fours à circulation résout admirablement le problème de la fabrication rapide et économique.

Avant de passer à la cuisson, il me reste à signaler la substitution, en 1885, des machines à imprimer aux anciennes presses à bras pour le tirage des épreuves chromo-lithographiques servant à décorer la faïence et la porcelaine.

Au premier rang des appareils de cuisson se placent les fours à alandiers. Originairement, ils n'avaient ni second laboratoire, ni seconde voûte; la cuisson étant discontinue, on perdait, après chaque fournée, la chaleur accumulée dans les parties supérieures. Divers fabricants eurent l'idée d'utiliser cette chaleur mise pour ainsi dire en réserve, en l'employant soit à la cuisson de poteries plus tendres

n'exigeant pas une température aussi élevée que celle du laboratoire inférieur, soit à la cuisson de poteries semblables aux premières par l'addition d'alandiers spéciaux. Bonnet, d'Apt, établit, d'après ce principe, le premier four à plusieurs laboratoires et foyers superposés. En 1822, le marquis Ginori (manufacture de Doccia, près de Florence) construisit un four à quatre étages, cuisant des poteries de nature différente; quand la poterie inférieure était cuite, on cessait le feu dans l'étage correspondant et on le continuait dans les alandiers supérieurs. Des fours analogues ne tardèrent pas à s'élever dans les faïenceries et les fabriques de porcelaine ou d'autres poteries. Sèvres notamment fit, en 1842, son four à trois étages superposés pour la cuisson de la porcelaine dure. Les ouvrages sur la céramique et les dictionnaires technologiques donnent tous la description des fours à trois étages de Sèvres: étage supérieur sans alandiers, consacré au dégourdi; étages inférieurs avec alandiers, fournissant le grand feu.

Ebelmen et Salvétat, dans leur étude de 1851 sur les progrès de la cuisson, signalaient surtout les améliorations apportées aux fours à alandiers; ils mettaient principalement en relief l'économie de combustible réalisée par le système des étages superposés.

Une préoccupation dominante, à cette époque, était de substituer la houille au bois. Les premières tentatives eurent sans doute lieu en Angleterre; mais la date ne saurait en être précisée. Sur le sol français, la cuisson économique de la porcelaine dure, à l'aide de la houille, fut essayée à Lille vers 1785. Quelques années plus tard (1804), un brevet garantissait à Revol, de Lyon, la cuisson de la faïence stannifère au combustible minéral, problème difficile dont la solution devait, en 1846, procurer à l'usine de Bourg-la-Reine une réduction de 50 p. 100 sur la dépense de combustible. Ebelmen et Salvétat, rendant compte de ces faits dans leur rapport relatif à l'Exposition universelle de 1851, ajoutaient que la fumée produite par la combustion de la houille exerçait une influence tantôt nuisible, tantôt favorable, sur les fonds de couleur dits *de grand feu;* ils voyaient dans l'emploi des flammes combinées du bois et de la houille, suivant la proposition de Chevandier, un moyen de composer l'atmosphère des fours à porcelaine de telle sorte qu'on pût y cuire

avec succès et à volonté les couleurs demandant des gaz réducteurs ou des gaz oxydants. Le remplacement du combustible végétal par le combustible minéral continua à s'opérer lentement et ne devint un fait à peu près général en France que vers 1873. Entre temps, les efforts se poursuivaient pour réduire la dépense de chauffage: Aimé Girard, rapporteur du jury de 1867, mentionnait, par exemple, la reconstruction des fours de Montereau d'après le système Boch de Maestricht, qui utilisait beaucoup plus complètement le calorique des flammes.

Les tentatives de cuisson au gaz remontent à 1847. Ebelmen et Salvétat en signalèrent la première manifestation dans leur rapport de 1851 : on pensait alors à l'emploi du gaz de houille et de l'air chaud, du gaz de tourbe, des gaz de hauts fourneaux, des gaz de fours à coke. Ces tentatives ne prirent réellement corps qu'après 1858, sous l'impulsion de Salvétat. Malgré certains résultats pratiques obtenus en 1860, malgré l'initiative de Creil pour l'usage des fours Siemens, elles devaient rester infécondes, tant qu'elles s'appliqueraient à des fours intermittents, exigeant l'arrêt périodique des gazogènes, entraînant un manque d'air chaud à chaque reprise et, par suite, inaptes à un bon rendement calorique. Un succès rapide leur était, au contraire, réservé avec les fours continus.

Plusieurs dispositions peuvent être admises pour la continuité de la cuisson : mobilité du foyer, de manière à cuire successivement les différentes masses de produits céramiques contenues dans le four; fixité du foyer et mobilité des produits, qui se présentent tour à tour devant lui; fixité des produits et du foyer, qui est mis alternativement en communication avec diverses chambres. Muller avait établi, en 1766, un four du premier système à six compartiments pourvus chacun de son foyer; pendant la période de cuisson d'un compartiment, les flammes perdues allaient échauffer les produits placés dans le second compartiment; on allumait ensuite le foyer de ce deuxième compartiment et on l'alimentait au moyen d'air échauffé sur les produits encore incandescents du premier compartiment; l'opération se poursuivait ainsi de proche en proche. Reprise en 1839, l'idée aboutit en 1858 au célèbre four Hoffmann et Licht, sans foyers distincts et sans cloisons fixes.

Avec la houille, l'introduction directe du combustible dans le milieu où se trouvaient les produits à cuire avait des inconvénients pour la céramique soignée; elle se prêtait mal au réglage des allures oxydantes ou réductrices. Le chauffage au gaz (1866) a fait disparaître ce défaut.

Le principe des fours à circulation n'est pas moins ancien que celui des fours à foyer mobile; car, dès 1751, Gérin construisait un four à moufle mobile, divisé en trois compartiments d'entrée, de cuisson et de sortie; les produits s'échauffaient lentement dans la case d'entrée et se refroidissaient de même dans la dernière case. M. Otto Bock a amené ces fours à un haut degré de perfection, vers 1875; ils sont fréquemment désignés sous le nom de fours-tunnels.

Actuellement, bien que la Manufacture royale de Berlin ait installé, il y a trente ans, un four continu au gaz, les porcelainiers persistent à se servir des fours à flammes renversées avec la houille comme combustible; toutefois le développement des impressions chromo-lithographiques a provoqué le remplacement des moufles à feu intermittent par des moufles à cuisson continue. Les fours continus à sole mobile et les fours à circulation ont été introduits récemment dans la fabrication de la faïence fine pour la cuisson de l'émail et pour celle du décor. Souvent encore, les potiers de grès restent fidèles aux anciens procédés, au vieil outillage, aux fours traditionnels à sole inclinée; cependant les manufactures importantes sont dotées de fours continus où les pièces se cuisent en une seule fois, sauf le cas exceptionnel de décor au feu de moufle par des émaux plombeux ou boraciques. La cuisson en plein air des briques et des tuiles n'a pas été abandonnée; mais l'usage des fours s'est répandu; à cet égard, les briquetiers et les tuiliers ont réalisé d'énormes progrès pendant les dernières années du siècle, en faisant un large emploi des fours Hoffmann, puis des fours à circulation, et en combinant ces derniers avec les séchoirs-tunnels.

Certaines industries céramiques ont des fours spéciaux : telle l'industrie des boutons de porcelaine, qui se sert de moufles groupés autour d'un foyer central. Les appareils de ce genre n'appellent ici aucune observation particulière.

La détermination précise des hautes températures est d'un puis-

sant intérêt pour les céramistes : un pyromètre, fondé sur la contraction progressive de l'argile, avait été inventé par Wedgwood en 1782; aujourd'hui, les fabricants disposent d'un instrument beaucoup plus parfait, le pyromètre thermo-électrique proposé par Becquerel en 1830, étudié par Pouillet et réalisé par M. Le Chatelier en 1886; les indications de cet instrument résultent de la mesure des forces électromotrices que développe la différence des températures dans deux soudures thermo-électriques semblables, opposées l'une à l'autre. Il importe, en tout cas, de pouvoir suivre les phases de la cuisson: on recourt, dans ce but, aux montres fusibles, petites pyramides formées d'un mélange, en proportions variables, de feldspath, de craie, de kaolin et de quartz, dont la fusion échelonnée donne les températures de 20 en 20 degrés, entre 600 et 1,800 degrés (MM. Lauth et Vogt, 1882; M. Seger, 1886). Un appareil récent, dérivé du manomètre de M. Kretz, permet de mesurer le tirage et d'estimer la dépression à 1/100e de millimètre près. Enfin, grâce à M. Orsat (1874), l'analyse des gaz circulant dans le four se fait en quelques minutes avec une exactitude suffisante, sans travail de laboratoire.

7. Cristaux, verrerie. — Au point de vue de leur composition chimique, les verres peuvent se diviser en trois grandes classes: 1° les verres incolores ordinaires, qui sont des silicates doubles de chaux et de potasse ou de soude; 2° les verres communs généralement colorés, silicates multiples de chaux, d'oxyde de fer, d'alumine, de potasse ou de soude, dont le type est le verre à bouteilles; 3° le cristal, silicate double de potasse et d'oxyde de plomb.

Le verre dissout la plupart des oxydes métalliques, en conservant sa transparence, mais en prenant des couleurs souvent très belles : c'est ainsi qu'on le colore en vert foncé par le protoxyde de fer, en vert de nuances différentes par l'oxyde de cuivre et l'oxyde de chrome, en jaune par le sesquioxyde de fer, en bleu par l'oxyde de cobalt, en violet par le sesquioxyde de manganèse, en noir par un mélange d'oxyde de cobalt et d'oxyde de fer, en rouge par l'oxydule de cuivre, en pourpre par le chlorure d'or, etc. Au lieu de fabriquer des verres entièrement colorés dans la pâte, il est facile de produire des verres plaqués, c'est-

à-dire composés d'une couche incolore et d'une couche colorée; l'intensité de la teinte varie avec l'épaisseur relative des deux couches.

Vers le commencement du siècle, en raison de l'abondance du combustible végétal, la potasse, obtenue par lévigation des cendres de bois, était d'un usage plus général qu'aujourd'hui. On tirait la soude des cendres de plantes marines; ce mode de préparation ne tarda pas à faire place au procédé Leblanc; plus tard, Pelouze remplaça le carbonate par le sulfate; puis les verriers revinrent au carbonate de soude obtenu à l'aide des méthodes modernes et employé seul ou en mélange avec le sulfate.

Le matériel de la verrerie peut se diviser en deux parties bien distinctes: matériel de préparation des matières premières; matériel de la fabrication proprement dite. Je n'ai presque rien à dire du matériel de préparation; il comprend surtout des appareils à laver le sable, à préparer les sels alcalins et le minium, à effectuer les mélanges; encore cet outillage n'existe-t-il point dans la plupart des verreries. Au contraire, le matériel de la fabrication mérite un examen plus attentif; ce sont les fours qui y jouent le rôle principal (fours de fusion, fours à fritter les matières premières et à recuire les objets fabriqués, fours à étendre les manchons de verre).

Autrefois, les fours de fusion étaient tous chauffés soit au bois, soit à la houille depuis 1850. Ils recevaient une série de creusets ou pots, dans lesquels s'opérait la fonte, et, pour le verre à glaces, des cuvettes d'affinage. Leur sole affectait une forme circulaire, elliptique ou rectangulaire; au pourtour régnait une banquette destinée à porter les creusets. Tantôt le foyer occupait le centre du four; tantôt il se trouvait placé latéralement. Un ouvreau, ménagé au-dessus de chaque pot, permettait d'y cueillir le verre et d'y introduire les matières à fondre. Quand l'opération exigeait l'emploi de creusets fermés, le col de ces creusets, en forme de cornues, passait par des embrasures analogues ménagées dans la paroi du four. L'air arrivait par des galeries souterraines. Les fours de fusion servaient d'ailleurs au réchauffage des objets ébauchés, que l'on y introduisait par des ouvreaux de travail.

Pour fritter et recuire, on se servait de fours à réverbère continus

ou discontinus, chauffés à flammes perdues ou par un foyer spécial. Une disposition fréquente consistait à placer aux angles du four de fusion des fours annexes ou arches, chauffés par les gaz du premier four et affectés aux frittes ainsi qu'à la cuisson des creusets.

Enfin les fours à étendre, chauffés par un foyer latéral, présentaient ordinairement deux chambres avec cloison séparative, l'une pour l'étendage, l'autre pour le refroidissement.

Dès 1862, la Commission française à l'Exposition de Londres signalait l'apparition des fours Siemens à régénération de chaleur, dont j'ai déjà parlé à propos de la métallurgie. M. Péligot, rapporteur du jury à l'Exposition de 1867, insista tout spécialement sur les avantages de ces fours gazogènes, où le combustible était distillé plutôt que brûlé et qui assuraient une bien meilleure utilisation de la chaleur. Certaines cristalleries, comme celles de Baccarat, Saint-Louis et Clichy, venaient de les adopter; grâce à leur emploi, l'établissement de Saint-Louis, en particulier, avait pu travailler à pots découverts avec de la houille pour combustible. Cependant ils ne se répandaient pas aussi rapidement qu'on aurait pu le croire. En 1878, M. Clémandot constatait encore les hésitations de nombreuses verreries devant la dépense de transformation de l'outillage et devant les difficultés pratiques que les appareils Siemens paraissaient offrir pour la petite industrie; mais il mentionnait en même temps une modification heureuse des fours anciens suivant le système Boëtius, à grilles inclinées et très profondes; ce système donnait une température plus régulière et n'exigeait pas la même habileté de la part des chauffeurs. Depuis, le temps perdu a été regagné et l'emploi du gaz s'est généralisé dans les usines, non seulement pour les fours de fusion, mais encore pour les fours à étendre.

Un autre progrès suivit de près celui de l'introduction des fours à gaz : je veux parler de la substitution des bassins aux creusets, d'abord limitée à la fabrication des bouteilles. Blanzy ouvrit la voie avec des fours intermittents. Puis Frédéric Siemens établit à Dresde des fours continus, dont un modèle figurait à l'Exposition de Vienne en 1873; M. Richarme, de Rive-de-Gier, appliqua bientôt un dispositif semblable, en apportant toutefois au système Siemens divers perfectionne-

ments. On enfournait d'un côté pendant que le cueillage du verre s'effectuait de l'autre côté; la production était ainsi portée du simple au triple. Les fours à bassins et à fusion continue, chauffés par le gaz, ne tardèrent pas à prendre une très grande extension dans les fabriques de verre à vitres et de glaces, comme dans les fabriques de verre à bouteilles. Pour les autres branches de la verrerie, l'usage des fours à creusets s'est maintenu.

Pendant la dernière période décennale du siècle, l'effort principal a porté sur les gazogènes, dont la conduite est pénible et délicate. Dans son ouvrage remarquable, *la Verrerie au xxe siècle*, M. Jules Henrivaux donne des détails intéressants au sujet des divers types entre lesquels se répartissent ces appareils: 1° gazogènes à gaz d'air, ayant pour origine le premier modèle Siemens et produisant la gazéification au moyen de l'air seul; 2° gazogènes à gaz mixte (mélange de gaz d'air et de gaz à l'eau), fonctionnant en général par soufflage et exceptionnellement à combustion renversée; 3° gazogènes à gaz régénéré des fumées; 4° gazogènes pour gaz à l'eau; 5° gazogènes à cornues. Les gazogènes de la première catégorie ont un rendement modique, leurs grilles sont sujettes à une usure rapide et ils ne donnent que des gaz d'une faible puissance calorifique; il ne semble pas que la pratique ait consacré les appareils de la troisième catégorie; on peut reprocher aux gazogènes de la quatrième catégorie leur intermittence et leur complication.

Les fours de fusion alimentés par du gaz de gazogène sont, les uns à circulation continue et uniforme des courants gazeux, les autres à renversement. Ils se rattachent d'ailleurs à plusieurs genres d'après le mode de récupération : simple récupération par l'air secondaire, c'est-à-dire par l'air admis au four pour brûler le gaz; double récupération par l'air secondaire et le gaz, comme dans le four Siemens primitif; double récupération par l'air total, encore incomplètement appliquée; triple récupération par l'air total et le gaz, jusqu'ici sans réalisation industrielle. Actuellement, les récupérateurs à renversement prévalent dans les industries qui se servent de fours à bassin; pour les autres fours, les récupérateurs continus se recommandent par leur simplicité et paraissent dans l'ensemble plus avantageux.

Certains fours de fusion sont alimentés par des gaz naturels; d'autres, par des combustibles liquides (benzine, pétrole brut, résidus de distillation du pétrole). Récemment ont eu lieu des essais de fours électriques; mais la période d'expérimentation n'est pas close.

Les limites de cet ouvrage m'empêchent d'insister sur les dispositions des fours à recuire. Parmi ces fours, les uns sont discontinus: après les avoir portés au rouge sombre, on y place les objets et on en ferme les issues, pour les laisser refroidir lentement. Dans d'autres, le travail est continu; les objets y circulent sur des chariots et sortent en un point où la chaleur est presque nulle.

Je dois également passer sans m'arrêter aux fours à étendre, fours à pierre fixe, fours à pierres tournantes, fours à pierre roulante, étenderies Biévez.

L'industrie des glaces coulées comporte un matériel fort intéressant: grues, tables, chariots, chemins de fer de service, machines et instruments divers employés à dégrossir, à doucir, à savonner et à polir les glaces, etc.

Mentionnons encore les meules à tailler. Ces meules en métal, en grès, en pierre, en bois, en liège, etc., sont mues au pied ou plus souvent commandées par des transmissions mécaniques.

La gobeleterie se fait soit en verre, soit en cristal. Après avoir débuté à Saint-Cloud vers la fin du XVIIIe siècle (1784), la fabrication du cristal a pris un rapide développement, non seulement dans l'ancienne usine de Saint-Cloud, mais dans celles de Saint-Louis, de Baccarat et de Choisy-le-Roy. Dès nos premières Expositions nationales, on en pouvait constater les progrès incessants, et ces progrès n'ont fait que s'accentuer depuis.

Un perfectionnement de haut intérêt, qui s'applique d'ailleurs à toute la verrerie et dont M. Léon Appert fut l'initiateur dès 1879, a été le remplacement du soufflage à la bouche par le soufflage à l'air comprimé; les appareils se manœuvrent au pied ou mécaniquement. L'Exposition de 1900 montrait la souplesse du procédé, qui, avec des modalités différentes, convient aux plus petits objets comme aux plus grosses pièces. En combinant le soufflage mécanique de l'air com-

primé avec une utilisation de la malléabilité du verre, M. Sievert, de Dresde, a pu obtenir des pièces de très grandes dimensions, telles que des baignoires.

Grâce aux travaux de Gay-Lussac, de Thénard et de Kessler, l'acide fluorhydrique, dont les propriétés étaient connues dès la fin du XVIIe siècle, mais qu'on n'avait pas su employer immédiatement, est venu fournir un nouveau procédé de gravure. Jusqu'alors, le verre et le cristal se gravaient seulement à la roue. Il existe un troisième moyen, celui du jet de sable. Souvent, les divers modes de gravure se combinent entre eux.

Dans la gobeleterie, les bords des verres doivent être rodés ou rebrûlés. Le rebrûlage au gaz, malgré son prix légèrement supérieur à celui du rodage, a constitué une réelle amélioration.

Il y a lieu, parfois, de donner au cristal un blanc mat opaque. Le rapport du jury de 1867 signalait, pour la première fois, l'emploi, à cet effet, du spath-fluor, qui entrait en lutte avec le dépoli ou avec l'opalisation par l'acide arsénieux et par le phosphate de chaux, dans la préparation des pièces d'éclairage.

Vers 1865, la fabrication des bouteilles différait peu de celle du moyen âge. Quand furent apparus les fours à bassin, elle entra dans une voie de tranformations profondes.

Aux anciens moules ouverts en argile ou en fonte se substituèrent, d'abord en Allemagne, puis en France et dans les autres pays, les moules fermés déjà en usage pour la confection des carafes, des flacons et des bouteilles de verre blanc. Ces derniers moules, primitivement fixes, furent ensuite animés d'un mouvement de rotation : le tournage de la bouteille par l'ouvrier souffleur était ainsi supprimé.

Il fallait encore, comme jadis, sectionner le col et y rapporter la bague; le soufflage à la bouche subsistait; peu de travaux étaient aussi pénibles et exigeaient un apprentissage aussi prolongé. De nombreux inventeurs cherchèrent à combiner des machines remplaçant le soufflage humain par le soufflage à l'air comprimé, réduisant au minimum les manipulations de mise en œuvre du verre, fournissant des bouteilles finies au moyen de procédés purement mécaniques. M. Boucher,

de Cognac, eut la bonne fortune de résoudre le problème, après des essais persévérants entrepris en 1894. Ce fut un immense bienfait au point de vue de la perfection des produits, de l'économie et de l'hygiène professionnelle. En même temps, M. Boucher inventait un four de fusion et une arche de recuisson justement appréciés par les spécialistes.

Deux procédés peuvent servir à fabriquer les verres pour vitrages: celui des cylindres et celui des plateaux. Le procédé des cylindres, universellement appliqué en France, consiste à souffler le verre sous une forme cylindrique, à le fendre après séparation des deux calottes, à le ramollir dans un four d'étendage, puis à le planer et à le recuire. Dans le second procédé, que l'Angleterre appliquait autrefois, mais qu'elle a abandonné depuis vingt ans, la matière est soufflée en boule, empontie, réchauffée, développée en plateau par une rotation rapide de la canne et enfin découpée en segments. La méthode des cylindres, importée chez nous par Drolenvaux, fondateur de la célèbre verrerie de Saint-Quirin (1730), donne des vitres de dimensions plus grandes, d'une épaisseur plus uniforme, d'une planimétrie bien supérieure, mais d'un éclat beaucoup moindre.

À une époque relativement récente, les Américains ont imaginé une nouvelle méthode fondée sur le laminage du verre entre des cylindres chauffés au gaz.

Les verres cannelés, d'un usage fréquent eu égard à leur propriété de laisser passer la lumière tout en interceptant la vision, se fabriquent comme les verres ordinaires par le procédé des cylindres. Mais la paraison doit être soufflée au début dans un moule à cannelures.

M. Émile Trélat a eu l'idée de recourir à des verres perforés pour la ventilation. Le mérite du procédé de fabrication de ces verres appartient à M. Léon Appert. Ils sont coulés sur une table portant des saillies, qui réservent dans la masse vitreuse des trous fermés à la partie supérieure par un très mince tampon. On débouche ces trous à l'aide de sable, d'acide fluorhydrique ou mieux d'un foret.

Les verres de montre proviennent de globes coupés au diamant par des machines spéciales. Une fois détaché, le verre brut reçoit, à la

meule, le biseau qui lui permet d'entrer et de se maintenir dans le drageoir.

Autrefois, ce mode de préparation était inapplicable aux verres pour montres plates; la courbure eût été, en effet, trop accentuée; il fallait user à la roue des lames planes. Le soufflage de boules d'un grand diamètre a fait disparaître la difficulté; au besoin, on diminue encore la concavité des verres en les chauffant dans un four à réverbère sur un moule très aplati.

L'industrie des glaces soufflées et étendues par le procédé du verre à vitres en cylindres est fort ancienne. Celle des glaces coulées a pris naissance vers la fin du XVII[e] siècle.

Après avoir fondu et affiné la matière, on la coule sur une table métallique préalablement saupoudrée de sable fin; puis on l'étend à l'aide d'un rouleau. La glace est ensuite rapidement enlevée et introduite dans un four à recuire ou *carcaise,* que surmonte une voûte elliptique très basse et qui comporte deux foyers, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Ce four doit être à la température du rouge sombre, quand la glace y pénètre; son refroidissement graduel dure de trois à quatre jours. Sortie du four, la glace subit une visite minutieuse, à laquelle succède l'équarrissage au moyen de molettes en acier.

Trois opérations successives sont nécessaires pour supprimer les rugosités superficielles, assurer le parallélisme des faces et réaliser la transparence. Elles ont reçu le nom de doucissage, de savonnage et de polissage. Le doucissage s'obtient par frottement de lames en fonte ou en fer, avec interposition de grès ou gros sable et ensuite de sable fin; pour le savonnage, on remplace le sable par de l'émeri de grosseur décroissante; le polissage consiste à frotter les surfaces au moyen de feutres, en interposant de l'oxyde de fer ou potée.

Jusqu'en 1768, le travail des glaces était exclusivement manuel. Après cette date, la machine à vapeur s'est substituée à la main de l'homme. Des dispositifs mécaniques très divers ont été tour à tour expérimentés. Aujourd'hui, le doucissage s'effectue sur une table qui tourne autour d'un pivot central et au-dessus de laquelle circulent des plateaux frotteurs excentrés à rotation. Dans les systèmes de savon-

nage les plus répandus, la glace reste fixe et le frotteur, constitué par une plaque de verre, décrit un 8 allongé; on est cependant parvenu à utiliser la plate-forme de doucissage. Pour le polissage, la table reçoit ordinairement un mouvement rectiligne, tandis que les frotteurs sont animés d'une translation circulaire; l'opération se fait aussi à la plate-forme. Les glaces doivent être soigneusement scellées sur les tables; il existe, à cet effet, des appareils spéciaux.

Jadis pratiqué à la main, le biseautage l'est maintenant au moyen de meules en fonte et en grès, contre lesquelles la glace frotte dans un mouvement continuel de va-et-vient. L'opération se termine par un polissage mécanique au feutre.

L'ancien étamage des miroirs à l'étain et au mercure soumettait les ouvriers à l'action pernicieuse des vapeurs mercurielles. Il a été remplacé par l'argenture, c'est-à-dire par le dépôt d'une mince couche d'argent métallique, qu'on obtient en décomposant sur place un sel d'argent et en précipitant le métal ainsi réduit; l'argenture peut être rendue plus solide à l'aide d'une amalgamation; une application de vernis et de peinture protège en général l'argent contre l'influence des agents atmosphériques. En 1865, Dodé a inauguré le platinage; la résistance du platine aux agents chimiques permet de le déposer à l'avant de la glace, de ne travailler le verre que d'un côté, d'en réduire l'épaisseur et de ne pas demander à la matière vitrifiée autant de perfection; malheureusement, l'aspect est défectueux et les glaces de grandes dimensions supportent mal la température élevée nécessaire à l'opération.

Très employées en Angleterre, en Hollande, en Allemagne, les glaces bombées le sont fort peu en France. On est arrivé à faire le bombage des grandes glaces sur sole sans recourir à des moules.

Des méthodes rigoureuses et des instruments précis ont été créés pour la vérification de l'épaisseur des glaces, de leur planimétrie et du parallélisme de leurs faces.

La vente des glaces a pris beaucoup d'extension, par suite de leur substitution aux verres à vitres dans les devantures de boutique et pour les fenêtres des habitations luxueuses. Du reste, leurs dimensions se sont considérablement accrues, en même temps que leur prix diminuait dans une énorme proportion. Vers le commencement du siècle,

la superficie des glaces de Saint-Gobain ne dépassait pas 4 m. q. 25; en 1900, elle a atteint 34 mètres carrés. La réduction de prix dépasse 80 p. 100 pour les glaces de 1 mètre carré, 86 pour les glaces de 2 mètres carrés, 90 pour les glaces de 3 mètres carrés, 95 pour les glaces de 4 mètres carrés, etc.

Entre autres usages récents des glaces, il est intéressant de signaler leur emploi pour l'établissement de cuves à vin, auxquelles elles apportent des garanties exceptionnelles de propreté.

L'utilisation du verre dans la couverture des ateliers, des gares, des marquises, etc., et dans la construction des serres a beaucoup augmenté. On s'est d'abord servi de verres à vitres simples ou doublés; mais leur résistance au vent et à la grêle était souvent insuffisante. Les glaces proprement dites étant trop coûteuses, il a fallu organiser la fabrication d'un produit intermédiaire, le verre mince coulé; née en Angleterre, cette fabrication est bientôt passée en France. Ordinairement, la face en contact avec la table de coulée présente des cannelures ou des stries; rien n'empêche d'avoir, au contraire, une face inférieure unie et une face supérieure imprimée au rouleau.

De nombreuses applications du verre coulé et, s'il y a lieu, moulé mériteraient encore d'être citées ici. Je rappelle, à titre d'exemples, les dalles polies, les dalles à reliefs, les briques ou tuiles creuses, les tuyaux, les boîtes, l'opaline laminée si précieuse pour les installations sanitaires, etc.

M. Léon Appert est l'auteur d'un procédé méthodique de moulage, qui convient particulièrement aux gros tuyaux, aux colonnes, aux récipients cylindriques ou rectangulaires de grande capacité, et dont les principes se résument ainsi : 1° n'effectuer le moulage que successivement et par fragments très limités; 2° assurer le maintien de la température et, par suite, de la malléabilité pendant toute l'opération.

L'idée première d'insérer dans les feuilles de verre coulé un réseau métallique s'opposant à la dislocation en cas de rupture paraît appartenir à l'anglais Tenner (1850); mais elle n'a été réalisée industriellement que plus tard, aux États-Unis. On prépare le verre armé, soit en introduisant le réseau dans la matière encore chaude, soit en l'in-

tercalant entre deux coulées successives, soit en effectuant à la fois ces deux coulées et en plaçant au fur et à mesure le réseau dans la position médiane qu'il doit occuper. Cette dernière méthode, due à M. Léon Appert, assure mieux la soudure des couches.

Un produit récent, employé avec succès pour les bordures des trottoirs du pont Alexandre III, est la pierre de verre Garchey. Cette pierre a des qualités remarquables de résistance à l'écrasement, au choc, à l'arrachement, à l'usure, à la gelée. Elle se fabrique par la dévitrification de verres contenant un excès de chaux ou d'alumine, notamment du verre à bouteilles. Les fragments de verre sont broyés, classés, disposés dans des moules en fonte, dévitrifiés au four, soumis à l'action d'une presse hydraulique qui découpe et modèle la matière; le travail s'achève par un passage au four de refroidissement.

Au nombre des nouveautés apparues à l'Exposition universelle de 1878, figurait le verre trempé. Pour les objets de formes simples et de faibles dimensions, la trempe dans un bain de graisse (suif, huile, etc.) peut être employée avec succès (M. de la Bastie, 1874); la trempe à la vapeur se prête à des applications plus générales (MM. Boistel et Léger, 1875). Une belle théorie de la trempe du verre a été présentée par M. C. E. Jullien. Malgré les mérites de la trempe, les verriers de France y ont renoncé par suite de l'incertitude des résultats de la fabrication. L'Allemagne et les États-Unis en font quelque usage, surtout pour des verres à gaz.

Les instruments d'optique ont des objectifs achromatiques, constitués par la juxtaposition de deux sortes de verre, le flint-glass ou cristal ordinaire à base de plomb et le crown-glass ou verre blanc, pur et sans défaut. On doit à Pierre-Louis Guinand (Suisse) la découverte de procédés méthodiques pour la fabrication des verres d'optique. La difficulté, plus grande pour le flint que pour le crown, était d'éviter les stries ou ondes déterminées par le défaut d'homogénéité et l'inégal refroidissement de la masse fondue. Guinand résolut le problème en brassant cette masse à l'aide d'un cylindre de terre réfractaire et en la refroidissant avec une extrême lenteur.

Partout, les verriers effectuent la fonte dans de petits fours circu-

laires ne contenant qu'un seul creuset. Quand elle a pris une consistance suffisante, la masse est recuite dans une arche spéciale. Après son refroidissement complet, le verrier la taille suivant des faces parallèles qui permettent d'en vérifier la pureté, en détache à la scie les parties défectueuses, la ramollit et la moule dans une arche où elle subit un nouveau recuit.

La taille des petites lentilles s'exécute à l'aide d'outils en cuivre et au moyen d'émeri pour le doucissage, puis de tripoli pour le polissage. Dès que les pièces prennent des dimensions considérables, l'adhérence entre l'outil et le verre devient excessive; Foucault y a pourvu en remplaçant alors le métal par le verre.

Nous avons eu et nous avons encore en France de très habiles verriers opticiens : H. Guinand, Feil, Mantois, M. Parra, dont les ateliers ont fourni des objectifs au monde entier, notamment l'objectif astronomique de 1 m. 05 destiné à l'observatoire d'Yerkes (Université de Chicago) et l'objectif astrophotographique de 1 m. 20 adapté à la grande lunette de 1900. Ce dernier objectif a été travaillé par M. Gautier, de même que le beau miroir de 2 mètres de diamètre, entrant dans la constitution du sidérostat et fondu à Jeumont : le constructeur avait dû imaginer pour la taille du miroir des procédés mécaniques nouveaux et des méthodes optiques de contrôle. Il est juste de citer aussi le centre important de fabrication d'Iéna.

À la verrerie d'optique se rattachent les appareils des phares. On y emploie des verres que leur forte teneur en silice et en chaux rend très durs et inattaquables à l'air; ces verres doivent être purs, faiblement colorés et à peu près dépourvus d'ondes ou de stries. Le travail s'effectue au tour; il comprend un dégrossissage au grès, un doucissage à l'émeri et un polissage à la potée.

Les miroirs des projecteurs sont paraboliques ou aplanétiques. Ils se préparent, dans le premier cas, par bombage d'une feuille épaisse de verre, et, dans le second cas, par coulage-moulage.

De la verrerie relèvent encore les émaux. L'émail est un verre fusible à basse température, généralement formé par le mélange de divers borates et silicates. Ce mélange, en lui même incolore, se combine

IMPRIMERIE NATIONALE.

sous l'action de la chaleur avec tous ou presque tous les oxydes métalliques; il acquiert, suivant la nature des oxydes, les colorations et les tonalités les plus diverses, fournissant ainsi à l'artiste une palette d'exceptionnelle richesse. Les verres colorés sont pour la plupart translucides; on les rend opaques en y incorporant de l'émail blanc, obtenu au moyen d'oxyde d'étain, et plus souvent par l'emploi d'arséniates, de phosphates ou de fluorures.

Outre ses applications artistiques, l'émail a des applications industrielles, dont la plus importante est l'émaillage des métaux communs ou du verre.

Au début de cette rapide étude sur les cristaux et la verrerie, j'ai déjà indiqué le principe de la coloration du verre. La fabrication des cristaux colorés n'était guère pratiquée en France avant 1840; certaines matières colorantes ne s'allient pas au cristal seul et exigent une addition de verre (verre de Bohême ou verre ordinaire à base de soude).

Outre les verres à coloration uniforme, on fait des verres marbrés en mélangeant du verre incolore à du verre coloré ou plusieurs verres de colorations différentes. Les aventurines s'obtiennent par la dissémination dans la masse de cuivre métallique, de silicate de cuivre, d'oxyde de chrome, très divisés; les verres filigranés, par l'assemblage de baguettes cylindriques; les millefiori, par le dépôt d'une paraison de verre blanc autour de verres filigranés ou même autour de matières non vitreuses; les verres murrhins, par l'agglomération de verres diversement colorés.

Plusieurs procédés sont en usage pour l'irisation du verre. L'un d'eux est basé sur l'action de l'acide chlorhydrique, combinée avec celle de la chaleur et de la pression.

Une variété curieuse, dite *verre givré*, imite les dessins dont les vitres des appartements se recouvrent pendant les gelées. La méthode de préparation consiste à dépolir le verre au sable, à l'enduire d'une matière formant vernis et à l'étuver ou à l'exposer au soleil; par suite de la contraction, l'enduit éclate en écailles enlevant avec elles des parcelles de verre.

Le verre a donné lieu à d'innombrables études scientifiques. Telles sont les recherches de M. Henrivaux concernant les teintes du verre blanc et l'influence de l'alumine.

C'est le fer contenu dans les matières vitrifiables qui contribue surtout à la coloration du verre blanc; on sait d'ailleurs, par les travaux de Pelouze, que la teinte verte ou vert bleuâtre, visible dans les verres réputés les plus blancs, est due à l'oxyde de fer au minimum d'oxydation. Malheureusement, il n'existe pas de moyen pratique pour débarrasser la matière première du fer que la nature y a déposé, et, d'autre part, le travail du four ne permet pas de ramener régulièrement le métal au maximum d'oxydation. Une extrême importance s'attache donc au choix des éléments constitutifs du verre et spécialement à celui du sable, principal véhicule du fer : de nouveaux procédés d'analyse se sont substitués à ceux qui étaient en usage. L'emploi du savon des verriers (oxydes dits *décolorants*) donne des produits qui s'altèrent sous l'influence de la lumière et doit être proscrit.

On a accusé à tort l'alumine de nuire au bon affinage du verre; on lui a reproché aussi de maintenir ou de ramener au minimum d'oxydation le fer contenu dans la pâte. En tout cas, elle donne au verre des propriétés physiques et chimiques remarquables, telles que la dureté, la résistance au choc, l'inaltérabilité. La conservation du verre à bouteilles et celle du verre des anciens vitraux (XIIIe et XVIe siècles), par exemple, résulte surtout de sa présence à haute dose dans la composition de ces verres.

§ 2. CHAUFFAGE ET VENTILATION. ÉCLAIRAGE NON ÉLECTRIQUE.

1. Appareils et procédés généraux du chauffage et de la ventilation. — 1. *Chauffage.* — Aux foyers simplement allumés sur le sol des cavernes ou des huttes avaient succédé les *brasiers* en métal : trépieds des Grecs et des Romains, brasiers des Hébreux et des Perses. Ces appareils se sont perpétués à travers le moyen âge et ont donné naissance au brasero, encore usité en Espagne, en Italie et dans l'Amérique du Sud où il fut introduit par les Espagnols. Instrument classique de suicide, le brasier est, au contraire, inoffensif lorsqu'il se trouve dans un local largement ouvert et que son rôle se réduit à communiquer un peu de chaleur aux personnes qui s'en approchent. En plein air, notamment sur les chantiers, il rend les plus grands services.

Dès que l'homme atteignit un certain degré de civilisation, l'âtre découvert fut surmonté d'un tuyau destiné à l'échappement de la fumée, comme on le voit dans certaines constructions de l'époque romaine. La tradition se continua au moyen âge : une large voûte, en forme de hotte, couvrait l'âtre fixe et rassemblait les produits de la combustion, qu'un tuyau conduisait au-dessus du toit ; pour éviter les courants latéraux, deux jambages dirigeant l'air sur le combustible furent disposés de part et d'autre du foyer ; on imagina aussi de poser les bûches sur des chenets facilitant l'accès de l'air à la partie inférieure ; enfin des supports ou crémaillères prirent place au-dessus de la flamme pour la cuisson des aliments. Telles étaient les premières *cheminées*, aux allures monumentales, dont le moyen âge nous a laissé des types si remarquables, à partir du XIIe siècle. Leurs vastes dimensions s'opposaient au bon emploi de la chaleur dégagée par le combustible. Trop profondes pour permettre le rayonnement vers tous les points de la salle, elles concentraient la chaleur dans la chambre formée par les jambages. De plus, la largeur exagérée de la hotte et du tuyau provoquait un appel considérable d'air froid extérieur, qui refroidissait la salle, abaissait la température de la colonne de fumée et en diminuait la force ascensionnelle : le tirage était mauvais et la fumée très fréquemment refoulée.

Malgré les tentatives d'amélioration poursuivies par les architectes de la Renaissance, par Alberti de Florence, Serlio de Bologne, Cardan, Philibert Delorme, il faut arriver jusqu'au XIXe siècle pour constater des perfectionnements réels dans le tirage des cheminées, pour trouver un remède efficace à l'excès des appels d'air froid, pour voir apparaître des formes véritablement rationnelles au point de vue de l'utilisation du calorique. Les principes du chauffage commençaient alors à former un corps de doctrine scientifique, grâce aux travaux des Tredgold, des Darcet, des Péclet, qui avaient su analyser les phénomènes de la combustion et substituer aux règles empiriques des méthodes rigoureuses basées sur la théorie de la chaleur.

C'est de cette époque que datent les progrès essentiels : modification des parois latérales et de la plaque de fond, afin de mieux réfléchir la chaleur dans la pièce; réduction du foyer, de manière à proportionner la quantité de combustible à l'appel d'air extérieur; rétrécissement notable du tuyau de fumée, pour n'admettre que les gaz très chauds provenant de la flamme et empêcher l'accès de l'air froid qui abaissait la température de la colonne de fumée; adaptation d'un tablier à coulisse ralentissant ou activant l'entrée de l'air et régularisant par suite le tirage. Rumford, Lhomond et divers autres physiciens ou spécialistes attachèrent leur nom à ces utiles réformes.

Néanmoins la cheminée simple, ne chauffant que par rayonnement, restait et restera toujours un appareil très imparfait, laissant échapper sans effet utile la plus grande partie de la chaleur dégagée par le combustible; Péclet a pu dire ironiquement qu'avec ce mode de chauffage « la place la plus chaude d'une habitation était sur les « toits ».

Depuis longtemps, l'idée était venue de rechercher une meilleure utilisation de la chaleur au moyen d'appareils chauffant l'air de la pièce par contact en même temps que par rayonnement. Les premiers appareils de ce genre semblent avoir été établis en Angleterre, où le remplacement du bois par la houille avait déjà conduit à changer les dispositions intérieures et les formes des cheminées, à employer une grille au lieu de chenets et à faire des jambages en métal poli. Ils consistaient en une sorte de seconde cheminée, constituée par des

plaques de tôle ou de fonte, qui se plaçait dans les cheminées ordinaires; outre l'avantage d'un plus fort rayonnement, ces appareils avaient celui d'échauffer l'air en contact avec leurs parois métalliques.

Les *cheminées à l'anglaise* faisaient leur apparition en France, vers le commencement du XVII[e] siècle, quand l'architecte Savot créa un dispositif nouveau consistant à isoler l'âtre du plancher et à réserver un intervalle entre la plaque de fond et le mur; l'air de la salle pénétrait sous l'âtre, s'y échauffait et rentrait par des bouches situées au sommet de la plaque de fond. Dans sa *Mécanique du feu* (1713), Gauger proposa de tirer un meilleur parti des chambres de chaleur créées par Savot, en les divisant et en forçant l'air à parcourir un circuit plus long avant sa rentrée dans la salle; il reporta d'ailleurs la prise d'air à l'extérieur, afin d'éviter l'appel par les joints des portes et des fenêtres. Comme la chaleur du foyer se perdait encore pour la plus grande partie dans le tuyau d'échappement, sans avoir servi à échauffer l'air de la salle, Franklin imagina d'allonger le parcours de la fumée. Un Français, Désarnod, construisit en 1789 un appareil conçu d'après les idées de Franklin et muni en même temps de chambres de chaleur tout au pourtour du foyer: c'était une cheminée à flamme renversée, où les gaz de la combustion subissaient des mouvements successifs d'ascension et de descente, et ne se rendaient au conduit de sortie qu'après avoir abandonné une très forte part de leur calorique dans des tuyaux disposés de part et d'autre de la cheminée.

Telle fut l'origine de toutes les *cheminées-poêles* qui furent inventées pour porter remède aux inconvénients des vastes cheminées de l'époque et qui, se plaçant comme les cheminées à l'anglaise dans l'intérieur ou en avant de ces cheminées, permettaient d'échauffer l'air à la fois par rayonnement et par contact. Ces appareils avaient, les uns et les autres, des parois doubles : la paroi intérieure servait d'enveloppe au foyer; l'espace compris entre cette première paroi et la seconde recevait de l'air pris soit dans l'appartement, soit au dehors, et destiné à s'y échauffer pour regagner ensuite la salle et s'y répandre. Quant au dispositif adopté en vue de prendre aux gaz de combustion la plus grande partie de leur chaleur, il se limitait, dans la plupart des cas,

à un allongement du tuyau par lequel la cheminée-poêle communiquait avec la cheminée proprement dite.

Actuellement, dans les pays où les cheminées restent en usage à cause de leur simplicité, de la ventilation qu'elles procurent, de l'attrait que présente la vue de la flamme, notamment en Angleterre, en Allemagne et en France, la construction suit les principes posés par Franklin et Gauger; les surfaces de chauffe reçoivent le plus grand développement possible, et des prises d'air, généralement extérieures, viennent activer le tirage et contribuer à une ventilation rationnelle.

Pourtant, les cheminées n'utilisent encore que d'une façon très imparfaite la chaleur dégagée par le combustible. Aucune invention nouvelle n'ayant, depuis le commencement du siècle, amené une amélioration radicale de leur rendement, les préférences sont allées, surtout en France, vers de nouveaux appareils, cheminées ou poêles mobiles, à combustion lente, dont la fabrication a pris un très rapide essor et sur lesquels je reviendrai plus loin.

Les peuples obligés de lutter contre les rigueurs du climat ont dû nécessairement chercher à obtenir du combustible un effet utile plus considérable. Renonçant aux avantages d'agrément et de simplicité des foyers découverts, ils ont inventé des appareils mieux appropriés à leurs besoins, *poêles* et *calorifères*, qui échauffent l'air, non plus par rayonnement direct de la flamme, mais par contact avec des parois solides portées à une haute température. On retrouve le principe de ces appareils dans l'hypocaustum, que les Romains employaient au chauffage de leurs appartements d'hiver et dont ils introduisirent l'usage chez les Gaulois; mais, tandis que les poêles actuels se placent à l'intérieur des salles, l'hypocaustum était, au contraire, placé extérieurement, en dessous du dallage.

Dans des temps plus rapprochés de nous, les habitants du Nord ont été les premiers à se servir des poêles. Un ouvrage écrit en 1619 par l'allemand Fr. Keslar contient à cet égard les renseignements les plus complets et les plus intéressants. L'auteur cite un poêle en faïence, alors usité en Allemagne, présentant une forme parallélépipédique et ayant pour foyer une sorte de fourneau à réverbère : la

flamme, concentrée au sommet de ce four, passait successivement au travers d'une série de compartiments horizontaux et n'arrivait à la cheminée qu'après l'abandon presque complet de sa chaleur. Des poêles analogues se rencontrent encore dans différentes régions de l'Allemagne, de la Suisse et de la France; seule, la décoration extérieure a subi quelques modifications.

Il y a de longues années que la Russie et la Suède emploient des poêles du même genre, mais de dimensions plus considérables, construits en briques ou en pierres et pourvus d'un jeu de carneaux horizontaux ou verticaux que traverse la flamme du foyer. Habituellement, ces appareils ne se chargent qu'une fois par jour : on remplit le fourneau de bois ou de houille et l'on ouvre largement les registres de la cheminée ainsi que la porte du foyer, afin de provoquer un tirage très actif et d'aviver la combustion; dès que la flamme a cessé, on ferme les ouvertures pour ralentir autant que possible le refroidissement. Comme le pouvoir conducteur de la brique est fort restreint, la chaleur se transmet lentement au dehors; en revanche, la faiblesse du pouvoir émissif de l'appareil le maintient chaud pendant très longtemps et régularise la distribution du calorique emmagasiné dans le foyer. La porte de ces poêles se trouve tantôt à l'intérieur, tantôt à l'extérieur de la salle; placée intérieurement, elle concourt à la ventilation. Parmi les perfectionnements modernes apportés aux anciens appareils, il y a lieu de citer les dispositions prises pour régler l'accès de l'air dans le foyer et obtenir une combustion aussi complète que possible, l'allongement des carneaux et l'augmentation du trajet de la fumée sans affaiblissement du tirage, l'addition de tubes à air se terminant par des bouches de chaleur et faisant des poêles russes ou suédois de véritables calorifères.

Dans les régions tempérées où le froid peut se faire sentir assez vivement, sans être jamais de longue durée, les poêles en terre ont été remplacés par des poêles en métal, qui, s'ils ne donnent pas une chaleur aussi régulière, ont du moins l'avantage de chauffer beaucoup plus rapidement en cas de besoin. L'ouvrage de Keslar mentionne un de ces appareils, qui était usité dès le commencement du XVIIe siècle et qui consistait simplement en un cylindre de tôle,

muni à sa partie inférieure d'un foyer accolé et à sa partie supérieure d'un tuyau de fumée; une prise d'air extérieure servait à activer la combustion, et des registres réglaient l'ouverture de cette prise d'air ainsi que celle du tuyau. Plus tard, le poêle décrit par Keslar reçut une enveloppe, le tuyau fut allongé pour accroître le tirage et l'on arriva bien vite aux formes actuelles. Keslar donne aussi la description d'un poêle à flamme renversée, appareil qui offrait l'avantage d'assurer plus complètement l'absorption de la fumée et des principes odorants dus à la distillation du combustible; Franklin perfectionna ultérieurement ce dispositif dans son poêle ou *chauffoir* de Pensylvanie. Depuis, on a inventé des types nombreux de poêles en fer ou en fonte; leur solidité, la facilité avec laquelle ils revêtent les formes les plus variées, leur bon marché et, par-dessus tout, l'économie de combustible qu'ils procurent relativement aux cheminées, ne pouvaient qu'en vulgariser l'emploi; ils ont fait l'objet d'une foule de recherches et d'améliorations; la structure en a été diversifiée suivant leur destination et la nature du combustible.

Un inconvénient de ces appareils est d'altérer l'atmosphère, quand leurs parois sont portées au rouge : ils dessèchent l'air, qui tend ensuite à reprendre son humidité aux dépens de nos muqueuses et devient pénible à respirer; des dégagements d'oxyde de carbone éminemment toxique peuvent en outre se produire. Il était donc essentiel d'empêcher que les parois métalliques n'atteignissent une température trop élevée; comme, d'autre part, l'utilisation rationnelle des combustibles brûlant avec flamme exigeait une combustion vive et une production intense de chaleur, on a cherché à donner aux poêles en métal une surface assez considérable pour que l'air pût, à chaque instant, les dépouiller d'une quantité suffisante de calorique. Cet accroissement de la surface de chauffe est réalisé, par exemple, soit au moyen de cavités lenticulaires superposées où circulent les gaz, soit à l'aide de boîtes aplaties, disposées dans le conduit de feu et à l'intérieur desquelles arrive l'air destiné à chauffer l'appartement; parfois aussi, les produits de la combustion, après s'être élevés verticalement au-dessus du foyer, s'épanouissent dans une calotte sphérique, puis redescendent par une série de tuyaux concentriques pour se

rendre à la cheminée. *En général, l'air à échauffer marche en sens inverse de la fumée, qui ne possède* plus qu'une température assez *basse au moment où elle s'échappe*; les tubes et les bouches sont disposés de manière à en permettre la circulation rapide et le renouvellement incessant, de telle façon qu'il ne puisse se surchauffer et se mélange promptement à l'air ambiant; enfin il est fréquemment humidifié avant sa sortie de l'appareil.

La diffusion des combustibles maigres, tels que le coke et l'anthracite, a provoqué la création de poêles spéciaux à combustion lente, pourvus de réservoirs dont le chargement s'échelonne à de longs intervalles. Au fur et à mesure de la consommation, le coke ou l'anthracite descendent vers le foyer. Tantôt la combustion s'opère de haut en bas, tantôt elle se fait de bas en haut. On a appliqué avec succès à ce genre de poêles des valves régulatrices automobiles, qui ouvrent plus ou moins l'accès de l'air indispensable à la combustion et dont le mouvement est déterminé soit par la dilatation de lames métalliques, soit par l'expansion de l'air dans un tube recourbé contenant du mercure.

Il est un type de poêle à combustion lente qui, après 1875, a conquis une vogue grandissante, surtout en France : je veux parler du *poêle mobile*, dont l'emploi s'est largement substitué à celui des cheminées d'appartement, si peu économiques au point de vue de la dépense de combustible[1]. Le tuyau d'évacuation aboutit à une cheminée ordinaire fermée par un rideau fixe; la surface de la grille et l'admission de l'air dans le foyer sont combinées de telle sorte que la combustion ait lieu lentement et à basse température, ce qui réduit la dépense au minimum; les enveloppes affectent des dispositions propres à amener de l'air pur dans l'appartement et à utiliser l'air vicié pour l'alimentation du foyer; enfin l'appareil est monté sur roulettes et, par suite, facilement transportable. Souvent, le foyer reste découvert, de manière à laisser le feu apparent et à constituer une *cheminée mobile*. Parmi ces appareils, beaucoup ont de graves défauts : le tirage très peu actif, à cause de la basse température à laquelle s'effectue la combustion, reste impuissant à entraîner l'oxyde de car-

[1] L'idée initiale des poêles mobiles date du XVIIIe siècle. (Masson, 1771; Bellepaume-Lefèvre.)

bone produit par le foyer; quelquefois même, ce tirage se renverse, répandant ainsi dans l'appartement le gaz délétère; il en résulte des accidents, que n'ont pas toujours pu prévenir les nombreux dispositifs proposés par divers inventeurs pour brûler l'oxyde de carbone au fur et à mesure de sa formation. Aujourd'hui, les constructeurs s'attachent à activer un peu la combustion par un plus grand diamètre d'échappement, à hâter par suite le départ des gaz et à éviter ainsi les refoulements.

Les inconvénients que présente l'emploi des substances métalliques pour la propagation et la distribution de la chaleur, la sécheresse de l'air chauffé par ces appareils et parfois sa nocuité ont conduit à entourer le foyer et les parties exposées à l'action du feu d'un revêtement de terre ou de briques.

Dans certaines régions, on utilise simultanément pour la confection des poêles la terre cuite et le métal, de manière à réunir les avantages de ces deux espèces de matériaux. Bien plus légers que les fourneaux russes et suédois, les poêles ainsi établis peuvent même être rendus portatifs, et leur usage est plus hygiénique que celui des poêles métalliques. Ils sont construits avec une grande perfection en Alsace. Les modèles alsaciens comportent ordinairement un foyer en fonte (muni d'une grille et d'un cendrier, lorsqu'on y brûle de la houille), une enveloppe en terre faïencée, des tuyaux en tôle recourbés de façon à étendre la surface de chauffe, et des tubes à air en fonte qui traversent le poêle de bas en haut et se terminent par des bouches de chaleur. À l'inverse des tuyaux d'évacuation qui, parcourus par les gaz très chauds de la combustion, communiquent rapidement leur chaleur à l'air ambiant, le poêle ne s'échauffe que lentement; quand le combustible cesse de flamber, on ferme l'ouverture du foyer, les tuyaux se refroidissent et le poêle commence à répandre son calorique avec une très grande régularité. D'autres appareils, à l'inverse des précédents, ont leur enveloppe en fonte ou en tôle et leur foyer en terre réfractaire : la chaleur se communique lentement aux parois métalliques à travers les parois d'argile, et la distribution en est ainsi régularisée.

Si les cheminées consomment beaucoup, elles présentent du moins

l'avantage d'une abondante ventilation, tandis que les poêles, qui utilisent bien mieux la chaleur dégagée par le combustible, laissent à désirer sous ce rapport. Montaigne parlait déjà des poêles allemands de son temps comme de « poêles à chaleur croupie et à mauvaise senteur ». Habituellement, les poêles de petites dimensions sont alimentés par de l'air pris dans le local même à chauffer; pour les poêles munis de tubes et de chambres à air, ainsi que de bouches de chaleur, ou *poêles-calorifères*, on obtient une meilleure ventilation en prenant l'air à l'extérieur : l'air frais s'échauffe en traversant l'appareil, puis se déverse dans la salle, tandis que l'air vicié et déjà chauffé sert à alimenter le foyer, ce qui procure d'ailleurs une certaine économie de combustible.

Rumford, philanthrope passionné pour tout ce qui intéressait l'économie domestique, ne s'attacha pas seulement à améliorer les cheminées d'appartement. Ses efforts se portèrent aussi sur les *appareils culinaires*, jusqu'alors abandonnés à des maçons ignorants. Il réduisit la capacité des foyers, les réunit en un foyer unique chauffant plusieurs marmites ou chaudières à eau, fit circuler les fumées autour d'un coffre en tôle servant de four à rôtir. Ses principes ne cessèrent depuis d'être suivis par les constructeurs.

Vers 1840, apparut en France un système d'appareils mixtes pour chauffage et cuisine, déjà usités en Allemagne et alimentés d'abord par du charbon de bois ou du bois, puis par de la houille.

Peu à peu, les appareils culinaires, notamment les fourneaux en fonte, ont atteint un assez haut degré de perfection. Cependant l'arrivée de l'air et l'utilisation du combustible laissent encore à désirer.

Une révolution accomplie en Amérique et naissante en Europe résulte du remplacement de la fonte par la tôle d'acier. À peine est-il besoin d'insister sur les avantages de cette substitution au point de vue de la résistance, de la légèreté et des facilités de transport.

Jusqu'ici, je n'ai envisagé que des appareils à combustible solide. Mais on recourt aussi aux combustibles gazeux et spécialement au *gaz d'éclairage*. Le gaz est amené au foyer par des conduites. Pour allu-

mer le feu, il suffit d'ouvrir un robinet et d'approcher une allumette enflammée, ce qui évite toute perte de combustible à l'allumage; de même, la simple manœuvre d'un robinet règle et éteint instantanément la flamme. La combustion ne donne ni escarbilles, ni fumée; les approvisionnements encombrants disparaissent. En outre, la propreté est absolue. Aussi l'emploi du gaz d'éclairage a-t-il pu se répandre, malgré son prix élevé, tant pour le chauffage des habitations que pour la cuisson des aliments.

Dès la prise de son brevet (1799), Philippe Lebon insista sur l'utilisation éventuelle du gaz comme agent de chauffage. Mais les difficultés pratiques ne furent résolues qu'à la suite de longues et patientes recherches. Il serait trop long d'énumérer les inventeurs qui se consacrèrent à ces recherches. Tout d'abord, les brûleurs employés étaient des becs ordinaires à flamme blanche, produisant du noir de fumée. En 1835, Robison, d'Édimbourg, imagina un appareil à flamme bleue, constitué par un bec et par un tube concentrique ouvert aux deux bouts, que surmontait une toile métallique; on allumait le gaz au-dessus de la toile métallique, et l'entraînement d'air suffisait à assurer l'entière combustion du carbone. Plus tard, Bunsen supprima la toile métallique, sujette à une oxydation rapide, et créa une chandelle en cuivre qui fournissait également une flamme bleue, grâce à l'introduction d'air par des orifices latéraux ménagés dans la chandelle. De cette époque date l'essor des fourneaux à gaz.

Pour le chauffage des appartements, on vit entrer en concurrence de nombreux systèmes, tels que : feux-bûches, constitués par des bûches en fonte ou en terre réfractaire, avec bouquets d'amiante que le gaz portait à l'incandescence; foyers à réflecteur, pourvus d'une rampe supérieure, dont les jets à flamme blanche étaient projetés vers le fond de la boîte; calorifères cylindriques en tôle ou en fonte et à flamme blanche ou bleue, comportant soit une enveloppe unique, soit deux enveloppes, et toujours munis dans ce dernier cas d'un tuyau de dégagement; cheminées à incandescence, formées d'une plaque verticale en terre réfractaire, d'une rampe inférieure à flamme bleue en avant de cette plaque et de coraux en fonte que la combustion du gaz portait au rouge; foyers analogues avec boules en terre

réfractaire mêlées d'amiante. Les appareils culinaires affectaient le plus souvent la forme de réchauds, d'où le gaz s'échappait par des ouvertures petites et nombreuses, pour brûler en mélange avec de l'air; en général, les récipients se plaçaient au-dessus de la flamme; cependant certains constructeurs adoptaient la disposition inverse, c'est-à-dire le chauffage par rayonnement. Pendant les dix dernières années du siècle, de grands progrès ont été accomplis : la flamme bleue a définitivement triomphé; les fabricants se sont ingéniés à accroître le rendement par divers procédés, notamment par la récupération au moyen d'une double circulation d'air froid et de gaz brûlés contre une plaque mince séparative; le tirage est meilleur et le dégagement se fait dans de bonnes conditions hygiéniques. Il y a lieu de signaler encore la facilité plus grande du réglage, la fixation de la flamme, la création de distributeurs automatiques pour une quantité déterminée de gaz.

Le gaz d'éclairage n'est pas le seul combustible gazeux propre au chauffage domestique et aux usages culinaires. Il peut être remplacé par l'*acétylène*. D'autre part, quelques régions privilégiées ont la bonne fortune de posséder des *gaz naturels* et ne manquent pas de les utiliser.

Outre les combustibles solides et les combustibles gazeux, on emploie aussi des combustibles liquides, comme le *pétrole* et l'*alcool*.

Tout récemment est né le *chauffage électrique*, dont la maison Parvillée et le familistère de Guise exposaient en 1900 de très remarquables spécimens. Une expérience prolongée, dans l'un des grands restaurants de l'Exposition, a complètement réussi. Ce chauffage, devenu pratique grâce à l'heureuse invention de résistances métallo-céramiques, se recommande par sa propreté, son réglage facile, sa commodité, son caractère hygiénique; le développement en est subordonné à une réduction du prix de l'énergie électrique.

Je me borne à mentionner les *chaufferettes portatives* et à signaler les dangers du charbon artificiel, notamment pour le chauffage des voitures, quand l'échappement extérieur des gaz n'est pas convenablement assuré. Des accidents mortels ont montré combien il importe de se prémunir contre les émanations délétères.

Les systèmes de chauffage qui viennent d'être passés rapidement

en revue dépendent d'un appareil placé dans la pièce même à chauffer. On peut, sans apporter au poêle-calorifère aucune modification essentielle, l'éloigner de la pièce et le reléguer à la partie basse de l'édifice, d'où il enverra de l'air chaud vers les différentes salles au moyen de conduits dissimulés dans les parquets et les murs.

C'est le procédé de chauffage par *circulation d'air chaud,* dont la première application a été faite en 1792 par l'anglais Strutt, à l'hôpital de Derby, et qui a servi depuis pour un grand nombre d'édifices publics, de maisons particulières, d'étuves, de séchoirs.

Les calorifères à air chaud comprennent tous un foyer, généralement en fonte, et des conduits soit horizontaux, soit verticaux, où la fumée circule avant de gagner la cheminée et qu'entoure une enveloppe isolante en matériaux mauvais conducteurs. Introduit à la base de cette enveloppe, l'air extérieur s'échauffe au contact du foyer et des conduits, puis se dirige par des tuyaux en maçonnerie vers les pièces à chauffer.

Au début, les calorifères étaient tous établis en tôle ou en fonte. On a bien vite renoncé à la tôle, que la rouille détruisait en fort peu de temps. La fonte, qui est la matière la plus employée, présente encore l'inconvénient d'altérer l'air en cas de surchauffe : pour y remédier, on a armé les cloches et les tuyaux de nervures saillantes, qui augmentent les surfaces de transmission et contribuent à abaisser la température du métal; on fait passer l'air chaud et desséché sur un réservoir d'eau qui lui restitue le degré voulu d'humidité; enfin on garnit les parois métalliques d'une enveloppe en poterie ou en terre réfractaire. Plusieurs constructeurs ont entièrement supprimé les surfaces de chauffe en métal et formé exclusivement leurs calorifères de massifs en briques, avec carneaux en poterie : ils fournissent ainsi des appareils plus volumineux, plus encombrants, mais plus sains; en outre, ces appareils, par suite du peu de conductibilité des matériaux qui les composent, donnent une chaleur plus régulière, malgré les négligences survenant dans leur service.

Parmi les perfectionnements de date récente, il y a lieu de citer l'adaptation de foyers à étages, brûlant des combustibles sans valeur et permettant un chauffage continu.

Le mode de chauffage à l'air chaud se recommande par son prix peu

élevé et sa conduite facile. Mais il est inapplicable aux très grands édifices, car le déplacement laborieux de l'air chaud l'empêche de chauffer utilement des locaux situés à plus de 30 mètres de distance horizontale du calorifère. Aussi a-t-on recouru, dès l'antiquité, à la chaleur latente de l'eau pour distribuer au loin la chaleur émanant d'un foyer unique.

Déjà les Romains connaissaient la propriété de l'eau chaude de conserver sa chaleur sur de longs parcours et l'appliquaient dans leurs thermes. Certaines localités pourvues de sources thermales ont, de temps immémorial, utilisé l'eau de ces sources au chauffage des habitations voisines. La tradition ancienne s'est renouée au XVII[e] siècle; les premières applications rationnelles et pratiques du *chauffage par l'eau chaude* ont été faites en Angleterre, vers 1675, par Evelyn, puis en France, vers 1777, par Bonnemain qui l'employa à l'incubation artificielle des poulets. Dès 1830, l'Angleterre et l'Allemagne avaient largement développé le chauffage, par ce système, des monuments publics, des hôpitaux, des serres; il s'est plus péniblement acclimaté sur le sol français.

Abstraction faite des variantes et des détails, les calorifères à eau chaude comportent une chaudière, du sommet de laquelle part un tuyau qui circule sur toute l'étendue des bâtiments à chauffer et revient ensuite à la partie inférieure de la chaudière. La différence entre la densité de l'eau chaude et celle de l'eau froide détermine le mouvement de circulation : l'eau chaude, plus légère, s'élève dans la branche ascendante du circuit, échauffe des récipients convenablement placés sur son trajet, puis accomplit son retour par la branche descendante. Une communication avec l'air libre, ménagée au point culminant de la conduite, empêche la pression de s'y exagérer.

Le chauffage à l'eau chaude permet de porter la chaleur à grande distance au moyen de tuyaux d'un faible diamètre; il est d'ailleurs d'une régularité extrême, par suite de la lenteur avec laquelle l'eau se refroidit, même quand le foyer s'éteint. Mais des précautions et une exécution très soignée sont indispensables pour éviter les fuites, qui tendent à se développer sous l'influence des dilatations et des contractions successives; de plus, l'installation charge les planchers, est

coûteuse d'établissement et donne lieu à une exploitation peu économique.

Au nombre des progrès récents se rangent l'emploi de propulseurs mécaniques, réduisant le diamètre des longues conduites, et celui de régulateurs hydrauliques de pression.

On a adapté le système de la circulation d'eau chaude à des appareils ordinaires de chauffage, tels que poêles et cheminées, en plaçant dans le foyer des tubes remplis d'eau et communiquant avec un réservoir d'où partent des tuyaux de distribution de la chaleur.

Péclet, dans son *Traité de la chaleur,* avait indiqué un moyen de supprimer le danger des fuites en combinant le chauffage à l'eau chaude avec le chauffage à l'air chaud. Le dispositif étudié par ce savant et mis depuis en pratique avait pour objet d'envoyer dans les salles de l'air préalablement échauffé à l'aide d'une circulation d'eau chaude; mais il faisait perdre l'avantage que possède l'eau chaude de porter au loin la chaleur et de la distribuer également.

Il existe un mode spécial de chauffage par circulation d'eau chaude, dont je ne puis me dispenser de dire quelques mots : c'est celui qu'a proposé l'ingénieur anglais Perkins, vers 1830, et qui utilise l'eau chaude à haute pression. Un serpentin, placé dans le foyer maçonné d'un poêle en briques, reçoit à l'une de ses extrémités le tuyau ascensionnel et à l'autre extrémité le tuyau de retour; la canalisation est hermétiquement fermée et, comme l'eau y entre à une température dépassant le point normal d'ébullition, le diamètre des tuyaux peut être très faible; de plus, la grande surface de chauffe du serpentin réduit la dépense de combustible. Les dangers de ce système, spécialement au point de vue des explosions, devaient le discréditer; néanmoins, avec une limitation prudente de la pression et avec des soins irréprochables dans le montage des tuyaux, il a pu recevoir des applications nombreuses en Angleterre, en Belgique et en France.

Au cours des vingt-cinq dernières années du siècle, le procédé de la *circulation de vapeur* a tendu à prévaloir pour le chauffage des édifices publics aussi bien que pour le chauffage industriel.

En 1745, le colonel Will Cook avait eu la pensée de se servir de la

vapeur d'eau comme véhicule de la chaleur; le premier brevet pour l'application de cette idée fut pris en 1791, par J. Hoyle d'Halifax. La vapeur produite par une chaudière était dirigée, dans une canalisation, vers les salles à chauffer; après avoir atteint le point culminant de la distribution, les tuyaux redescendaient jusqu'à une citerne recueillant l'eau de condensation; cette eau allait ensuite alimenter le générateur.

Ce procédé de chauffage, fondé sur la propriété qu'ont les vapeurs de restituer leur calorique de vaporisation quand elles se condensent, offre de précieux avantages. Il est très sain, puisque jamais la température de condensation ne peut dépasser celle de l'ébullition; il distribue très rapidement la chaleur à grande distance; il est moins onéreux de premier établissement que le système de l'eau chaude, parce que les surfaces de chauffe sont à une température plus élevée, moins coûteux aussi d'exploitation, en raison de la moindre quantité d'eau à échauffer; toutefois il lui reste inférieur pour un chauffage continu, comme celui des serres. Tredgold lui a consacré, dans les premières années du siècle, un traité complet, qui non seulement en pose les principes, mais encore indique les appareils accessoires nécessaires aux installations. Les règles tracées par Tredgold ont été maintenues; ses successeurs n'ont guère eu à leur actif que l'emploi de la vapeur à une pression plus élevée (jusqu'à l'époque du revirement en faveur des très basses pressions) et l'invention de dispositifs propres à supprimer les inconvénients des fuites et des condensations intempestives.

Aujourd'hui très connu et très employé, le système de chauffage à la vapeur comporte toujours des chaudières pour la vaporisation, des tuyaux pour l'adduction de la vapeur dans les pièces à chauffer, des récipients chauffés par la condensation et convenablement répartis dans l'édifice, enfin des conduites ramenant aux chaudières l'eau condensée. On évite de placer les tuyaux dans les murs et les planchers, où les fuites pourraient occasionner des dégâts; pour chasser l'air qui gêne la condensation, on a inventé des robinets de purge ne laissant pas échapper la vapeur; divers compensateurs facilitent les mouvements d'allongement et de retrait que les variations de température

font éprouver aux tuyaux. Des efforts incessants ont été faits en vue de régler les températures, d'assurer le bon fonctionnement des appareils, d'économiser le combustible et la main-d'œuvre, d'obtenir un aménagement convenable et une répartition judicieuse des surfaces de chauffe, d'utiliser la radiation directe de ces surfaces et d'éviter l'emploi de l'air comme véhicule des calories.

L'Amérique, où le chauffage par circulation de vapeur s'est considérablement développé et qui possède des stations centrales génératrices, a donné ses préférences aux très basses pressions, afin de prévenir les dangers et de supprimer les sujétions des appareils sous pression notable. Nous avons suivi son exemple. Les chaudières actuelles sont à chargement continu; on règle la combustion en étranglant plus ou moins l'entrée de l'air par des régulateurs à membrane ou à mercure; des robinets à orifice calculé limitent au volume nécessaire la vapeur admise dans les radiateurs et en diminuent la pression; enfin divers constructeurs ont imaginé des régulateurs de température.

M. d'Anthonay, rapporteur du jury de 1900, évalue ainsi les prix des divers modes de chauffage :

I. Chauffage d'une pièce de 75 mètres cubes (2,200 calories à l'heure).

Chauffage	au bois dans une cheminée		$0^{f}\,30^{c}$
	au charbon dans un poêle		0 06
	au gaz	à $0^{f}\,30$ le mètre cube	0 33
		à $0^{f}\,20$ le mètre cube	0 22
	à l'électricité	à $0^{f}\,50$ le kilowatt	1 37
		à $0^{f}\,30$ le kilowatt	0 80
	à l'alcool, au pétrole ou à l'essence		0 20
	à foyer central, avec l'air pris au dehors	à air chaud	0 05
		à vapeur	0 07

II. Rôtissage d'un kilogramme de viande.

Charbon	à 70 francs la tonne	$0^{f}\,09^{c}$
	à 40 francs la tonne	0 05
Gaz	à $0^{f}\,30$ le mètre cube	0 06
	à $0^{f}\,20$ le mètre cube	0 04
Électricité	à $0^{f}\,50$ le kilowatt	0 25
	à $0^{f}\,30$ le kilowatt	0 15

2. *Ventilation.* — Dans toutes les fonctions de la vie, l'air joue un rôle capital. Il convient donc de mettre le plus grand soin à le préparer pour la respiration et à le mouvoir ou le renouveler dans les locaux habités. L'air vicié par la respiration, par les émanations de l'homme ou par d'autres causes doit être constamment éliminé et faire place à de l'air pur. Tel est le but de l'aération et de la ventilation.

Nous disposons aujourd'hui d'un grand nombre de moyens permettant de réaliser une bonne répartition de l'air à l'intérieur des habitations.

L'air extérieur peut entrer par les joints des portes ou des fenêtres, être introduit par des vasistas ménagés à la partie supérieure des baies, par des persiennes mobiles, par des soupapes de ventilation, par des vitres perforées, en un mot par l'un des nombreux dispositifs imaginés dans le but de remédier à l'imperméabilité des vitres et de renouveler l'atmosphère intérieure, sans produire des courants incommodes pour les personnes.

Quand l'aération directe ne suffit pas, on y pourvoit au moyen d'une ventilation artificielle, en recourant soit à un foyer d'appel, soit à des appareils tels que les ventilateurs centrifuges ou les ventilateurs hélicoïdaux. La ventilation mécanique ne date que du XIXe siècle. Au début, les ventilateurs étaient manœuvrés à bras; maintenant, ils sont commandés par des machines; je leur ai consacré, dans un précédent chapitre, des indications qui me dispensent d'y revenir ici. Par suite de progrès dans leur construction, le ronflement si désagréable qu'ils faisaient entendre à l'origine s'est presque éteint. Depuis quelques années, l'usage des petits ventilateurs portatifs, mus par l'énergie électrique, a pris beaucoup d'extension.

L'évacuation de l'air vicié s'opère par les cheminées, par les orifices multiples que présentent les pièces de nos maisons, ou par des ouvertures qui y sont spécialement aménagées à cet effet, notamment dans les locaux collectifs.

Des contacts étroits existent entre la ventilation et le chauffage; celui-ci concourt à l'aération. Cependant les deux opérations ont leur domaine et leurs règles propres, obéissent à des principes distincts et indépendants : l'une a pour base le degré d'agglomération des indi-

vidus et les causes spéciales de viciation (vapeurs nuisibles, poussières de laboratoire ou d'atelier, etc.), tandis que l'autre varie suivant la température extérieure.

Actuellement, la ventilation laisse encore beaucoup à désirer, il faut le reconnaître. Si des dispositions législatives ou réglementaires ont déterminé une amélioration sérieuse dans les ateliers, nous savons tous par expérience combien la situation reste souvent déplorable pour les locaux de réunion.

2. Appareils et procédés d'éclairage non électrique. — Lorsque s'ouvrit le XIX[e] siècle, Argand avait inventé, depuis quelque temps déjà, sa célèbre lampe à double courant d'air et opéré ainsi une véritable révolution dans l'éclairage à l'*huile végétale*. Cette lampe, plus connue sous le nom de Quinquet, spoliàteur d'Argand, s'était bientôt répandue; parmi ses clients de la première heure figurait la Comédie-Française (1784).

Pour le service, l'appareil le plus usuel était le chandelier à pompe, avec mèche plate.

L'éclairage public de Paris continuait à se faire au moyen de réverbères, composés d'une lampe à mèche plate et de réflecteurs sphériques.

Une nouvelle étape ne tarda pas à être franchie par l'éclairage domestique. On s'était vite rendu compte des avantages qu'il y aurait à placer le bec verticalement et à une certaine hauteur au-dessus du réservoir : cette disposition devait supprimer l'ombre projetée par le réservoir latéral et permettre de recueillir plus facilement l'huile en excès débordant autour du bec. La difficulté était de faire monter l'huile, surtout de la faire monter régulièrement. Deux solutions furent données au problème; elles reposaient, l'une sur les principes d'hydrostatique, l'autre sur l'emploi de moyens mécaniques.

Je mentionne immédiatement les lampes hydrostatiques, bien que, dans leur forme définitive, elles ne soient pas les premières en date; car elles n'ont pas vécu et n'appellent que de très courtes indications. Pour ces lampes, la priorité revient, du moins en France, à Philippe de Girard; cet inventeur présenta, en 1803 et 1804, deux modèles,

dont l'un avait pour base la loi d'équilibre de deux liquides d'une densité différente, loi antérieurement appliquée par le suédois Edelkrantz et l'écossais Keir, tandis que le second s'inspirait de la fontaine de Héron. Galy-Cazalat, Dubain, Thilorier, Robert, se firent remarquer par d'heureuses innovations. Les lampes hydrostatiques avaient divers inconvénients, dus soit à la complication de leur structure ou de leur usage, soit à leur volume et à la surface de l'ombre projetée autour du pied, soit à l'influence exercée sur la hauteur de l'huile dans le bec par les variations de la pression atmosphérique et surtout de la température, soit aux troubles que causaient les déplacements.

En 1800, l'horloger Carcel prit un brevet pour la lampe mécanique devenue célèbre sous son nom. Un rouage d'horlogerie, mû par un barillet, déterminait le mouvement alternatif d'un piston à double effet, qui faisait monter l'huile au sommet du bec. Le volume refoulé était supérieur à celui qu'exigeait la consommation; il en résultait un dégorgement d'huile, permettant d'élever davantage la mèche, refroidissant le bec, et empêchant par suite le liquide de s'échauffer et de s'altérer comme dans les lampes ordinaires; la lumière avait plus de blancheur et d'éclat. En outre, grâce à la mobilité du porte-verre sur le bec, la cheminée pouvait monter ou descendre, de telle sorte que le coude fût au point le plus convenable pour la parfaite combustion.

Le mécanisme de la lampe Carcel coûtait cher et les lampistes ordinaires manquaient souvent des aptitudes voulues pour le réparer. Beaucoup d'habiles fabricants, notamment en France et en Angleterre, recherchèrent des simplifications: les noms de Carreau, Gagneau et Gotten méritent d'être retenus. Dans la lampe Gagneau, les pulsations, au lieu de lancer directement l'huile vers le bec, l'envoyaient à un réservoir d'air, d'où elle sortait ensuite par un mouvement continu; régulier et sans intermittence (1817).

Carcel venait à peine de créer sa lampe quand naquit l'idée de produire l'ascension de l'huile par la seule pression d'un ressort ou d'un poids. Philippe de Girard réalisa cette idée sous plusieurs formes (1803); d'autres inventeurs le suivirent. Mais Franchot fut le pre-

mier à trouver une solution pratique par sa lampe dite à *modérateur* (1836). Voici les dispositions essentielles auxquelles s'est arrêté ce constructeur.

L'huile est enfermée dans la partie inférieure de la lampe, entre le fond, les parois latérales et un piston en cuir embouti que presse un ressort. Sous l'action de ce ressort, elle monte par un tube vers le sommet de la mèche. Au fur et à mesure que l'huile se consomme, le piston descend, le ressort se débande, la hauteur ascensionnelle s'accroît, et le débit du liquide au niveau de la flamme tend à diminuer; pour y remédier, Franchot a placé suivant l'axe du tube une tringle conique opposant au mouvement d'ascension du liquide une résistance, dont l'intensité décroît en même temps que s'abaisse le piston et qui régularise ainsi, par ses variations, le débit au sommet du bec. L'excédent d'huile retombe dans la lampe et reste au-dessus du cuir embouti; pour le faire passer dans le réservoir, il suffit de remonter la lampe, c'est-à-dire de bander le ressort, au moyen d'une crémaillère; le vide produit sous le cuir y détermine en effet une flexion qui l'écarte des parois. On procède de même pour emmagasiner dans le réservoir l'huile destinée à remplacer celle qui a été brûlée.

Simple, d'un prix modique, facile à nettoyer et à entretenir, brûlant à blanc comme les meilleures lampes pourvues d'un mouvement d'horlogerie, l'appareil de Franchot s'est rapidement vulgarisé et a pénétré dans les intérieurs les plus modestes. Sauf quelques perfectionnements de détail, il constitue encore aujourd'hui l'instrument ordinaire de l'éclairage à l'huile végétale. Les progrès réalisés depuis 1836 ont porté presque uniquement sur les formes de la lampe et sur sa décoration.

Des concurrences redoutables sont, d'ailleurs, venues assaillir de toutes parts l'huile végétale et en restreindre le champ d'action. Cependant la douceur de sa lumière, la sécurité qu'elle procure au point de vue des dangers d'incendie et la souplesse avec laquelle elle s'adapte à l'alimentation de becs d'intensité réduite lui ont gardé quelques fidèles partisans. Diverses compagnies de chemins de fer continuaient à l'employer en 1900; elles se servaient soit de lampes à bec plat, soit de lampes à bec rond, avec ou sans verre-cheminée; ces lampes

étaient alimentées par un réservoir supérieur annulaire ou par une bouteille de forme appropriée.

Il y a longtemps que des tentatives furent faites pour brûler les *huiles essentielles*, comme l'essence de térébenthine et l'huile de naphte, dans des lampes d'une construction analogue à celle des appareils à huiles grasses. Ces tentatives échouèrent : la flamme, extrêmement riche en carbone, était toujours fuligineuse, rougeâtre, inégale et irrégulière; la combustion, fort incomplète, donnait lieu à d'abondants dépôts de charbon et répandait une odeur pénétrante.

Les premiers essais quelque peu couronnés de succès, pour l'utilisation des huiles essentielles volatiles de résine, de goudron ou de schiste, se produisirent presque simultanément en France, en Amérique, en Angleterre et en Allemagne. À travers les huiles échauffées passaient soit des gaz peu éclairants de leur nature, comme l'hydrogène et l'oxyde de carbone, qui se chargeaient de vapeurs hydrocarburées, soit de l'air comprimé, qui entraînait également des vapeurs combustibles; la lampe, sans mèche, fournissait tantôt une flamme unique, tantôt une couronne lumineuse.

En 1832, Breuzin construisit une lampe fonctionnant dans les conditions suivantes. Un réservoir inférieur en métal ou en verre contenait le liquide combustible; celui-ci était aspiré par capillarité, au moyen d'une grosse mèche dormante, placée dans un tube métallique qui présentait à sa partie supérieure un petit nombre d'ouvertures capillaires; la vapeur brûlait au sortir de ces ouvertures. Pour amorcer l'appareil et déterminer la vaporisation du liquide, il fallait tout d'abord échauffer le tube; une fois en train, la combustion entretenait le degré de calorique voulu. Cette lampe avait, entre autres défauts, celui de s'éteindre très facilement, au cas de refroidissement accidentel du tube. Le liquide, composé d'essence de térébenthine et d'alcool concentré, était d'ailleurs fort coûteux. Bientôt l'essence de térébenthine fut remplacée par l'huile de goudron ou par l'huile de schiste, que les procédés de Selligue permettaient de préparer économiquement. D'autre part, Breuzin et, après lui, Robert, Joanne, Valson, réalisèrent diverses améliorations ayant pour objet, les unes

de parer aux dangers d'inflammation et d'explosion, les autres de prévenir le dégagement des vapeurs infectes, de régler la flamme, etc.

Cependant le prix trop élevé des mélanges alcooliques engagea les inventeurs à poursuivre leurs recherches pour la combustion directe des essences de goudron, des huiles de schiste pures et généralement des hydrocarbures liquides. Rouen et Busson réussirent à établir dans ce but des appareils, que le rapporteur du jury de 1851 jugeait très satisfaisants au point de vue de l'éclairage public. Un réservoir supérieur, garni d'huile hydrocarburée, communiquait par un tube recourbé avec un bec comportant une très petite ouverture ; autour de ce bec était une enveloppe métallique, percée à sa partie inférieure de trous destinés à l'admission de l'air et à son sommet d'autres trous pour la sortie des jets lumineux. Au moment de l'allumage, on ouvrait un peu le robinet interposé entre le réservoir et le tube, et l'on chauffait le bec par une flamme à alcool ; les vapeurs commençaient à sortir par le bec, en entraînant une certaine quantité d'air, et pouvaient être allumées ; la combustion maintenait ensuite l'échauffement du tube et la vaporisation du liquide, que la pression des vapeurs tenait d'ailleurs à une distance convenable de la flamme.

L'emploi des huiles minérales prit très peu d'extension jusqu'au jour où apparurent les *pétroles* d'Amérique. À partir de 1861, l'abondance de ces pétroles et les avantages économiques que procurait leur usage comparé à celui des huiles végétales suscitèrent de nouveaux efforts dans le but de perfectionner les appareils destinés à les brûler ; l'odeur et le danger d'incendie préoccupèrent spécialement les constructeurs. On renonça à la combustion par vaporisation et on se servit de mèches tantôt plates, tantôt rondes ; l'huile arrivait au bec, sans le secours d'aucun organe mécanique, soit d'un réservoir supérieur, soit d'un réservoir inférieur et par la seule action de la capillarité.

Tout en constatant les progrès accomplis, le rapporteur du jury de 1867 signalait encore dans les pétroles une proportion beaucoup trop grande d'huiles légères, volatiles à basse température, répandant beaucoup d'odeur et pouvant occasionner des accidents. Il faisait aussi remarquer que les lampes à réservoir inférieur devaient avoir une capacité suffisante pour éviter des variations trop considérables

dans le niveau de l'huile, dans sa densité et, par suite, dans l'intensité de la lumière. En conséquence, il ne recommandait guère les pétroles pour l'éclairage domestique. L'éclairage public lui paraissait être le véritable domaine des huiles minérales, qui à la modicité du prix, au pouvoir éclairant et à la simplicité des appareils joignaient l'avantage de ne pas se congeler au moindre froid, comme l'huile de colza.

À l'Exposition de 1867 figurèrent, pour la première fois, les petites lampes à éponge imbibée d'*essence*, avec mèche en coton floche, brûlant comme une mèche de lampe à alcool.

En 1878, la consommation du pétrole s'était notablement accrue. Mieux distillé, il ne s'enflammait plus qu'à une température comprise entre 27 et 35 degrés; l'inflammabilité avait même été reportée à 60 degrés pour certains pétroles, comme pour la paraffine d'Écosse. Mais, par le fait même d'une distillation plus complète des huiles minérales, la quantité d'essence mise en circulation augmentait chaque jour et l'usage s'en généralisait, malgré les dangers de son maniement.

Depuis, le traitement des pétroles bruts a reçu de nouvelles améliorations, permettant d'obtenir des produits qui ne s'enflamment plus au-dessous de la température convenable pour éviter les dangers d'incendie; il ne subsiste à peu près aucun dégagement d'odeur pendant la combustion. Les appareils ont été perfectionnés; l'intensité des foyers s'est accrue, et les lampes de 3, 4, 6, 8 carcels sont devenues courantes. Aujourd'hui, l'invasion des huiles et essences minérales dans l'éclairage a tellement grandi, que, dès la fin du siècle, l'excédent des importations atteignait 325 millions de kilogrammes pour les huiles brutes de pétrole ou de schiste et 227,000 hectolitres pour les huiles raffinées et les essences.

Généralement, l'ascension du pétrole dans les lampes destinées à l'éclairage particulier se fait par capillarité. Ces lampes sont à mèche plate, à mèche ronde et annulaire ou à mèche ronde et pleine; la plupart ont une cheminée. La vogue va surtout aux systèmes à courant d'air central. On s'attache à régler l'arrivée de l'air, de telle sorte que le liquide brûle entièrement sans refroidissement de la flamme. L'Administration des phares emploie différents modèles de lampes à réservoir supérieur et à niveau constant, pourvues d'une ou de plusieurs mèches.

Comme précédemment, les petites lampes à essence comportent un réservoir garni d'une matière spongieuse (feutre, bourre, coton, etc.) et une mèche pleine. Des tentatives ont été poursuivies en vue de brûler l'essence dans des lampes ordinaires à pétrole avec cheminée; mais le danger est excessif.

Une nouveauté apparue au déclin du siècle a été l'*incandescence par les vapeurs de pétrole,* expérimentée, puis largement appliquée dans le service des phares. Bien que se rattachant à des types variés, les appareils ont un principe commun. Le pétrole liquide est injecté sous pression, du réservoir qui le contient, vers un vaporisateur chauffé par le manchon; de ce vaporisateur, la vapeur de pétrole se rend au bunsen du manchon, après s'être mélangée avec l'air nécessaire à sa combustion; un réservoir d'air comprimé fournit la pression voulue pour l'injection. Au moment de l'allumage, on chauffe le vaporisateur à l'aide d'alcool. Des précautions doivent être prises afin d'éviter les obturations de l'éjecteur. La consommation par carcel-heure ne dépasse pas 5 grammes à 6 gr. 6 pour des lampes de 30 à 70 carcels. En 1900, le Commissariat général de l'Exposition éclairait à l'incandescence par la vapeur de pétrole une partie des berges de la Seine et l'une des routes du bois de Vincennes.

L'essence de pétrole se prête avec une extrême facilité à l'éclairage par incandescence.

Frankenstein, de Gratz, avait essayé, en 1848, l'*incandescence par l'alcool.* L'idée a été reprise et a pu frayer sa voie grâce aux manchons. Comme le pétrole, l'alcool doit être transformé en vapeur; on utilise pour la vaporisation soit la chaleur du manchon, soit celle d'une veilleuse spéciale. Une forte proportion d'air est indispensable à la combustion; il convient, par suite, de surchauffer la vapeur et de lui donner ainsi une pression suffisante pour qu'elle puisse entraîner cet air en sortant de l'éjecteur. Souvent, on augmente le pouvoir éclairant de l'alcool, par la carburation à l'aide d'un hydrocarbure tel que la benzine ou l'essence minérale.

Il existe dès maintenant des types viables pour l'usage domestique, donnant de 20 à 50 bougies avec une consommation de 2 ou 3 gram-

mes par bougie-heure, soit 20 ou 30 grammes environ par carcel. Les conditions propres à assurer l'avenir de ces appareils sont l'immobilisation de l'alcool au moyen de matières poreuses et la consolidation du manchon d'incandescence.

Des foyers de 400 à 500 bougies et de 1,000 bougies éclairaient, en 1900, une partie des quais de la Seine et plusieurs routes de l'annexe du bois de Vincennes.

L'invention du *gaz* est due à un Français, Philippe Lebon, ingénieur des ponts et chaussées, qui, dès 1786, faisait fonctionner son thermolampe, alimenté par du gaz de bois. Méconnu de son vivant, Lebon mourut mystérieusement assassiné.

Comme cela est arrivé trop souvent, l'invention qui était essentiellement française, ne prit une réelle importance industrielle qu'en passant par les mains des Anglais. Vers la fin du XVIII[e] siècle, Murdoch, employé aux mines de Cornouailles, alimentait déjà de gaz l'usine de Boulton et Watt. Toutefois le nouveau mode d'éclairage n'apparut qu'en 1808 dans les rues de Londres. Le bois avait été remplacé par la houille, et surtout par la houille grasse.

En 1815, Winsor, Allemand établi à Londres, vint à Paris pour y fonder une société; l'année suivante, il offrait au public un spécimen d'éclairage dans la galerie des Panoramas. Je passe sur les vicissitudes de la première compagnie et de celles qui lui succédèrent, sur l'historique de l'usine créée par Louis XVIII, sur les études de la Commission qu'institua de Chabrol, préfet de la Seine, et que présidait Darcet. C'est seulement depuis 1830 qu'on peut considérer l'industrie du gaz comme définitivement assise en France. Vers cette époque, des compagnies anglaises demandèrent et obtinrent des concessions dans la plupart des grandes villes.

Le gaz était, le plus souvent, envoyé aux lieux de consommation par des tuyaux de conduite. Mais les fabricants distribuaient aussi à domicile du gaz portatif, transporté soit dans des réservoirs où ils le comprimaient à une très forte pression, soit dans des récipients-soufflets d'où ils l'envoyaient à des gazomètres particuliers.

Il existait plusieurs types de becs : becs-bougies, becs-papillons,

becs Manchester, becs d'Argand à double courant. Ces becs donnaient des flammes coniques, étroites ou creuses, en aile de chauve-souris, en queue de poisson, etc.

Déjà les compteurs exerçaient toute la sagacité des inventeurs. Après avoir traité avec les consommateurs pour l'alimentation de becs déterminés pendant un nombre d'heures convenu, les compagnies avaient bien vite senti la nécessité de vendre simplement le gaz au volume et de recourir, par suite, à des appareils enregistrant la consommation. Clegg imagina les cloches jumelées, auxquelles la dépense de gaz imprimait un mouvement alternatif et dont les oscillations se comptaient à l'aide de rouages d'horlogerie; ensuite vinrent les roues à compartiments.

En 1867, le gaz avait pénétré jusque dans les villes d'importance très secondaire. Grâce au choix bien entendu des houilles, à la durée plus rationnelle de la distillation et, le cas échéant, à l'addition de gaz riche tiré du cannel-coal, le pouvoir éclairant présentait une invariabilité pour ainsi dire mathématique. La forme des brûleurs affectés à l'éclairage public s'était améliorée depuis les expériences si habilement poursuivies par Audouin et Bérard, sous la direction de Dumas et de Regnault; on savait que, pour une même quantité de gaz brûlé, le rendement maximum en lumière correspondait à la pression la plus faible et que les résultats les plus satisfaisants s'obtenaient avec une fente d'une largeur de 7/10 de millimètre ou un trou de pareil diamètre. De meilleures dispositions avaient été adoptées pour la structure des lanternes, la hauteur des candélabres, la répartition des foyers. Devancés par les Anglais, dans la ventilation des locaux fermés et éclairés par le gaz, nous commencions à suivre leur exemple. Péligot, rapporteur du jury, signalait aussi l'application si intéressante du gaz aux plafonds lumineux de divers théâtres, notamment du Théâtre-Lyrique et du Châtelet.

Lors de l'Exposition de 1878, l'emploi du gaz s'était considérablement développé et avait pris une importance capitale dans l'éclairage des intérieurs. Les becs n'offraient rien de bien nouveau; cependant l'Angleterre présentait le bec Sugg à triple couronne. Beaucoup d'exposants montraient des modérateurs, des régulateurs et des rhéo-

mètres : le modérateur a pour objet de réduire la pression par un étranglement de l'évacuateur; le régulateur uniformise la pression au bec, quelle que soit la pression dans la conduite mère; enfin le rhéomètre assure un débit constant. Mentionnons encore des instruments destinés à contrôler le pouvoir éclairant du gaz.

De 1878 à 1889, le progrès s'affirma. Les statistiques établissaient qu'en dix ans la consommation annuelle française était passée : pour Paris, de 185 à 262 millions de mètres cubes; pour la province, de 197 à 335 millions. 12,760,000 habitants, au lieu de 9,940,000, profitaient de l'éclairage public au gaz. Néanmoins nous restions bien loin en arrière de l'Angleterre : à elle seule, la ville de Londres consommait plus de gaz que la France entière. En dehors de l'accroissement de consommation, le fait saillant de la période 1878-1889 résidait dans la création des becs intensifs avec ou sans récupération; à peine l'Exposition de 1878 avait-elle fait connaître, comme je l'ai dit, un premier bec intensif, celui de la maison Sugg. Tandis qu'en 1878 les becs exclusivement employés étaient de 1, 2 ou 3 carcels, et consommaient de 100 à 125 litres par carcel, on rencontrait couramment en 1889 des becs de 20, 30 et 50 carcels, ne consommant pas plus de 50, 40 et même 30 litres par carcel. On pouvait ranger les lampes nouvelles en quatre catégories: lampes intensives à l'air libre; lampes à air chaud; lampes à incandescence; lampes à gaz carburé.

L'emploi des lampes intensives à l'air libre fut provoqué par l'apparition de la bougie Jablochkoff sur la place et dans l'avenue de l'Opéra. Engageant la lutte avec les foyers électriques, la Compagnie parisienne installa, rue du Quatre-Septembre, des groupes de six papillons à fente de 0 mm. 6, consommant 1,400 litres à l'heure et pourvus de coupes en cristal formant cheminée. La dépense par carcel était ramenée de 127 à 105 litres. Devant le succès de cette innovation, les becs intensifs du même type ou de types analogues se multiplièrent dans Paris. Les nations étrangères obéirent aux mêmes tendances. Dans certains modèles, réservés principalement à l'éclairage intérieur, le bec fut muni d'une cheminée en verre.

À la suite d'un concours ouvert par la Société d'encouragement sur «les moyens les plus efficaces d'augmenter le pouvoir illuminant

«des flammes du gaz», Chaussenot avait obtenu, en 1836, un prix de 2,000 francs pour une lampe réduisant de 33 p. 100 la consommation. Dans cette lampe, l'air, avant d'alimenter la combustion, s'échauffait entre deux cheminées en verre. L'appareil de Chaussenot ne passa point dans la pratique : il était trop fragile et trop compliqué. Mais le principe des becs à air chaud n'en restait pas moins posé. D'ailleurs, la théorie confirmait de tous points les idées de Chaussenot : en effet, les flammes du gaz doivent leur pouvoir éclairant aux particules de carbone qu'elles tiennent en suspension et qui proviennent de la dissociation des hydrocarbures sous l'influence de la chaleur, et les quantités de lumière émises par ces particules augmentent rapidement avec la température. Ce fut seulement en 1879, au moment où l'on se préoccupait des foyers intensifs, que Frédéric Siemens, de Dresde, reprit le principe de Chaussenot et constitua le bec à récupération, si répandu plus tard sous des formes diverses. Dans l'appareil de Siemens et dans ses dérivés, comme dans celui de Chaussenot, l'air n'arrivait au brûleur qu'après avoir été porté à une haute température par la seule chaleur récupérée des produits de la combustion. Les principales améliorations que reçut le bec Siemens vinrent d'Angleterre : telle la disposition imaginée par Wenham (1882) et consistant à renverser la flamme, en plaçant le récupérateur au-dessus du bec; cette heureuse modification permettait de ne plus obstruer la lumière et augmentait la simplicité de l'appareillage, en même temps que son caractère décoratif. À partir de 1885, les nouveaux modèles devinrent courants et leur rôle dans l'éclairage public ne cessa de grandir. Ils comportaient beaucoup de variantes : alimentation par le haut, alimentation par le bas; flamme dirigée de l'intérieur vers l'extérieur, flamme s'étalant de l'extérieur vers l'intérieur; etc. Quelle que fût la structure des lampes intensives à récupération, certaines conditions essentielles s'imposaient en tout cas : le conduit amenant le gaz devait être placé en dehors des parties chaudes; il fallait calculer avec précision, puis maintenir par un rhéomètre les proportions d'air et de gaz; l'éclairage public exigeait des brûleurs insensibles à l'action du vent, simples, robustes, faciles à surveiller et à entretenir. Comme je l'ai précédemment indiqué, la dépense horaire des becs usuels était descendue

à 40 ou 50 litres par carcel, alors que l'ancien bec-papillon de Paris consommait 127 litres. Dans les grandes artères parisiennes, le prix de l'unité carcel-heure avait pu s'abaisser à 0 c. 75 et même 0 c. 64 pour les appareils à gaz, tandis qu'il se tenait encore à 0 c. 90 pour les appareils électriques.

Deux becs à incandescence sollicitaient l'attention en 1889 : le bec Clamond (corbeille de magnésie additionnée d'oxydes métalliques) et le bec Auer de Welsbach (manchon en zircone mélangée à des oxydes incombustibles). On jugeait alors ces becs plus compliqués que les brûleurs intensifs à récupération; ils paraissaient ne convenir que dans des cas déterminés.

Un jugement analogue s'appliquait aux lampes à gaz carburé, c'est-à-dire aux lampes alimentées par du gaz préalablement enrichi en carbone à la traversée d'hydrocarbures, comme la naphtaline épurée (albo-carbon).

Malgré leur éclatant succès, malgré les promesses d'avenir qui avaient accueilli leur naissance, les lampes à récupération ont disparu, refoulées par les becs à incandescence; la fin du brevet Auer (septembre 1900) a, d'ailleurs, accentué la victoire de ces becs et facilité leur diffusion. La consommation des foyers à l'air libre de 15, 20 ou 25 carcels est tombée à 12 litres par carcel-heure; cependant les besoins de l'éclairage sont tels, que la production du gaz, loin de fléchir, a encore augmenté et qu'en 1899 elle atteignait 325 millions de mètres cubes à Paris.

La fabrication des manchons s'est régularisée vers 1891. Elle nécessite une assez longue série d'opérations : confection d'un manchon en coton ou en ramie; lavages successifs à l'ammoniaque, à l'eau acidulée et à l'eau distillée; séchage; trempage dans une solution contenant 98 à 99 p. 100 d'oxyde de thorium et 2 à 1 p. 100 d'oxyde de cérium; essorage; étuvage entre 50 et 60 degrés; incinération détruisant le support de coton ou de ramie; correction de la forme et consolidation de la tête, par exemple, au moyen d'un enduit de magnésie; cuisson sur un bunsen; trempage dans le collodion. À l'usage, l'intensité lumineuse diminue; la perte moyenne peut être évaluée à un tiers en 800 ou 1,000 heures.

Récemment, on est arrivé à une application pratique des substances catalytiques (mousse de platine, etc.) au self-allumage des brûleurs.

L'Administration de l'Exposition de 1900, désireuse de mettre en parallèle l'éclairage électrique et l'éclairage au gaz, avait réservé à ce dernier les parcs et jardins du Champ de Mars et du Trocadéro, dont la superficie mesurait 195,000 mètres carrés. Conformément à un accord intervenu avec le Commissariat général, la Compagnie parisienne installa 1,618 lanternes, pourvues de 4,649 brûleurs à manchons et fonctionnant, partie à la pression normale, partie à la pression de 200 millimètres. L'intensité totale de l'éclairage atteignait 91,000 carcels, soit en moyenne 0 c. 467 par mètre carré; en 1889, l'éclairage par mètre carré du Champ de Mars, au moyen de foyers électriques, n'avait pas dépassé 0 c. 107. D'après les relevés de la consommation, chaque carcel exigea une dépense horaire de gaz légèrement supérieure à 15 litres.

Peu avant la fin du siècle, l'*acétylène* s'est révélé comme un agent d'éclairage puissant et économique. Ce gaz, formé de deux atomes d'hydrogène et deux atomes de carbone, peut être facilement obtenu par la réaction de l'eau sur le carbure de calcium.

Davy isola, le premier, l'acétylène, en traitant par l'eau des sous-produits de la préparation du potassium. M. Berthelot en fit la synthèse par l'arc électrique et en détermina le caractère explosif. Puis M. Vieille détermina les pressions d'explosion correspondant aux pressions initiales du gaz.

On doit à M. Moissan (1892) la fabrication du carbure de calcium au four électrique. Deux ans après sa belle découverte, l'éminent chimiste donnait la composition exacte de ce produit. Théoriquement, un kilogramme de carbure de calcium, soumis à l'action de l'eau, fournit 340 litres d'acétylène.

Le gaz acétylène est doué d'un pouvoir éclairant très intense, grâce à ses propriétés endothermiques, à son extrême richesse en carbone, à sa haute température de combustion. Ces qualités ont pour contrepartie la puissance détonante de ses mélanges avec l'air. Il résulte des

expériences de M. Grehant que la détonation a lieu avec une proportion d'air variant de 3 à 19 volumes pour un d'acétylène et que le maximum d'effet correspond à 9 volumes.

Pour brûler convenablement, l'acétylène exige beaucoup d'air. Un inconvénient à éviter est l'encrassement des becs, quand ceux-ci viennent à s'échauffer. Des modèles nombreux de becs ont été étudiés et figuraient à l'Exposition de 1900.

Il existe divers types de générateurs, se répartissant entre les catégories suivantes : appareils à chute de carbure dans l'eau (carbure granulé ou carbure tout-venant); appareils à attaque du carbure par une nappe d'eau ascendante ou par la chute d'eau, soit en filet, soit en gouttes; appareils à contact avec cloche ou sans cloche, fondés sur le principe du briquet à hydrogène. Des dispositifs appropriés régularisent automatiquement l'opération.

Les brûleurs Bullier, à tête en stéatite et à deux branches convergentes, consomment de 7 à 9 litres par carcel-heure. Ainsi le rapport entre le pouvoir éclairant de l'acétylène et celui du gaz ordinaire est de 12 à 15.

À la suite d'essais persévérants, on a réussi à employer l'acétylène comprimé pour l'éclairage des voitures de chemins de fer ou de tramways. Le gaz comprimé peut avec avantage être dissous dans l'acétone, car cette dissolution présente une grande stabilité et une résistance remarquable à la détonation. Enfin un artifice ingénieux consiste à garnir le récipient d'une matière poreuse, céramique ou silice, dans laquelle se loge l'acétone; il supprime tout espace vide pouvant contenir du gaz libre et empêche les explosions de se propager.

Parmi les applications intéressantes de l'acétylène se place la carburation du gaz d'huile destiné à l'éclairage des trains.

Un éclairage très brillant à l'acétylène avait été organisé, pendant l'Exposition de 1900, sur les berges de la Seine aux abords du pont Alexandre III. Le rendement en gaz a dépassé 300 litres par kilogramme de carbure.

Quelques autres modes d'éclairage méritent encore d'être signalés.

Pour obtenir une lumière très vive, des inventeurs ont depuis longtemps proposé l'éclairage oxhydrique, c'est-à-dire l'emploi de l'oxygène comme agent de combustion. Dès 1851, le rapport du jury mentionnait deux modes d'utilisation de l'oxygène : dans l'un, ce gaz produisait directement avec le corps combustible une flamme éclatante (lumière de Bude); dans l'autre, il agissait, mélangé au gaz de houille ou à l'hydrogène, sur une substance telle que l'argile ou la chaux, échauffée au rouge blanc intense (lumière de Drummond). Plusieurs chercheurs suivirent la même voie, notamment Tessié du Motay, qui eut recours à des crayons de magnésie. L'usage de l'oxygène avait des inconvénients; il exigeait une canalisation spéciale et pouvait donner lieu à des fuites dangereuses. Aussi y a-t-on renoncé et n'a-t-on retenu des anciens essais que l'interposition dans la flamme d'une matière réfractaire portée à l'incandescence.

Le gaz riche, préparé par la distillation du pétrole, des huiles de schiste, du boghead, supporte la compression sans perdre son pouvoir éclairant et présente, à cet égard, une supériorité marquée sur le gaz de houille. Il donne d'ailleurs beaucoup plus de lumière que ce dernier gaz. Les compagnies de chemins de fer en ont tiré un excellent parti pour l'éclairage des voitures. Notre Administration des phares en a fait aussi des applications remarquables et lui a spécialement demandé une solution élégante de l'éclairage des bouées lumineuses. L'appareillage comprend des brûleurs de différentes sortes, en particulier des brûleurs à récupération et des brûleurs à incandescence.

J'ai déjà cité le gaz de houille carburé à l'aide de la naphtaline ou de l'acétylène.

L'anglais Beale a imaginé en 1834 le gaz à l'air carburé. Ce gaz s'obtient en faisant barboter, par compression ou par aspiration, de l'air dans un hydrocarbure et de préférence dans la gazoline.

Comment enfin ne pas rappeler d'un mot une invention capitale que nous retrouverons plus loin, celle de la bougie stéarique, due à Gay-Lussac, Chevreul et de Milly?

Les prix de revient, par carcel-heure, des différents modes d'éclairage domestique à Paris s'évaluaient ainsi en 1900 :

DÉSIGNATION.	POUVOIR ÉCLAIRANT.	CONSOMMATION.	PRIX DE LA MATIÈRE ÉCLAIRANTE.	PRIX par CARCEL-HEURE.
	carcel.			fr. c.
Bougie....................	0 125	0kg 01	2f 00 le kg.	0 160
Lampe Carcel à l'huile végétale..	1	0 042	1 10 le kg.	0 046
Lampe à pétrole............	4	0 11	0 75 le kg.	0 021
Lampe à incandescence, à l'alcool.	5	0 10	0 50 le kg.	0 010
Lampe à gaz, bec Bengel......	1	105 litres.	0 30 le m. c.	0 031
Lampe à gaz, bec Auer perfectionné..................	5	120 litres.	0 30 le m. c.	0 007
Lampe à acétylène...........	3	24 litres.	1 15 le m. c.	0 092
Lampe électrique à incandescence	1	30 watts.	1 00 le kg. w.	0 030

CHAPITRE XV.

FILS, TISSUS, VÊTEMENTS.

§ I. MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA FILATURE ET DE LA CORDERIE.

1. Filature du coton, de la laine, du lin et du chanvre. — 1. *Généralités.* — Les matières textiles se présentent sous des aspects différents. Tantôt elles sont composées de filaments d'une longueur limitée et irrégulière : c'est le cas du coton, de la laine, des poils et duvets animaux, du lin, du chanvre, etc. Tantôt elles s'offrent sous forme continue : c'est le cas de la soie. Aussi les procédés de filature appliqués à ces deux catégories de textiles sont-ils essentiellement distincts. Le travail de la soie se borne à développer et marier les fils de cocons, à les tordre et à les retordre suivant certaines règles; celui des autres matières exige d'abord un traitement compliqué de division et d'épuration, puis des opérations destinées à juxtaposer les fibres, à les superposer, à leur faire subir des glissements successifs, à réaliser ainsi leur échelonnement régulier et à permettre enfin leur fixation définitive par la torsion.

Ces opérations tendant à transformer en fils les filaments de faible longueur n'ont pu longtemps s'effectuer qu'à la main. Le matériel, des plus simples, comprenait : des baguettes, pour battre la substance étalée sur une toile ou sur une claie et la débarrasser des corps étrangers; des *cardes* de matelassier, pour diviser grossièrement les filaments courts et pour les ranger en nappes; des *sérans* à dents longues et droites, pour peigner les longs brins du chanvre et de la laine; la *quenouille,* autour de laquelle on plaçait la matière à filer; le *fuseau,* pirouettant sous les doigts de la fileuse, pour tordre et renvider alternativement le fil.

Le *rouet,* qui commença à remplacer le fuseau primitif vers le milieu du XVIe siècle et qui resta en possession presque exclusive de la

transformation des matières textiles jusqu'en 1789, était déjà un instrument perfectionné. Depuis, la filature mécanique lui a emprunté son premier organe élémentaire, la broche à ailettes, dont la rotation tord le fil et le renvide en même temps sur la bobine.

2. *Origines de la filature mécanique du coton.* — C'est pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle que l'Angleterre entreprit la substitution de la filature mécanique au travail manuel pour le coton. L'avance prise par ce textile sur la laine, le lin et le chanvre s'explique par des causes techniques et commerciales. Dans l'ordre technique, la nature des fibres du coton, leur ténuité, leur faible longueur, constituaient de sérieuses difficultés pour le travail manuel, alors que ces propriétés, jointes à la douceur des filaments, à la netteté de leur surface, à leur faculté de liaison, de glissement, d'échelonnement, d'assemblage en fils d'une extrême finesse, favorisaient au contraire la préparation et le filage automatiques. Quant aux causes commerciales, elles venaient surtout de l'importance acquise dès cette époque par le tissage en Angleterre : les industriels anglais avaient entrepris avec succès la fabrication et l'exportation, non seulement sur le continent, mais aussi dans les colonies britanniques, d'étoffes de coton et spécialement d'étoffes mélangées ou futaines; ne pouvant suffire aux besoins de leurs ateliers, ils s'étaient vus dans l'obligation de recourir à l'étranger pour le filage manuel de la trame.

Les premières recherches eurent pour objet la production simultanée de plusieurs fils par un seul ouvrier. Elles aboutirent d'abord au célèbre métier *jenny*, imaginé en 1763 par Th. Higgs et perfectionné trois ans plus tard par J. Hargreaves (ou Hargraves); la jenny, bien appropriée à la production de la trame des futaines, ne donnait pas la finesse, la résistance et la torsion qu'exigeaient les fils de chaîne. Bientôt apparut une machine plus complète, le *throstle* ou métier continu, capable de fournir les fils de chaîne et possédant certains organes principaux employés depuis dans tous les métiers à filer. Ces deux métiers avaient pour fonction commune de terminer le filage déjà ébauché à la main; ils différaient par le mode d'étirage plus encore que par le mode de renvidage.

Pour étirer les trames comme dans le métier continu et pour avoir néanmoins un instrument plus léger, à une époque où la machine à vapeur était peu répandue et dans un pays où les chutes d'eau n'abondaient pas, on pensa à associer les cylindres étireurs mécaniques du throstle aux broches en fuseaux montées sur un chariot mû à la main, comme celui de la jenny. Telle fut l'origine du métier mixte ou *mule-jenny*, patenté en 1779 par S. Crompton et susceptible de faire à volonté la chaîne ou la trame.

Quelles que fussent leurs qualités, la jenny, le throstle et la mule-jenny ne se substituèrent pas immédiatement à l'ancien rouet. Peut-être la création des différents métiers à filer fût-elle demeurée stérile, sans le concours que vinrent leur prêter d'ingénieuses machines préparatoires. En effet, la qualité du fil dépend au moins autant de la façon dont les mèches de matière filamenteuse sont préparées avant d'être soumises au métier, que du travail de ce métier lui-même, et, parmi les inventions qui ont exercé l'influence la plus sérieuse sur la perfection du filage, on doit placer au premier rang la *machine à carder* à ruban continu. Le rôle de la machine à carder était de nettoyer les fibres préalablement *battues*, de les diviser, de les ranger et de les condenser en une masse homogène. Divers modèles se disputèrent la faveur des manufacturiers. Tous comportaient les éléments essentiels des machines modernes : appareil alimentaire à toile sans fin et cylindre cannelé; tambour principal, hérissé d'aiguilles crochues, auquel l'appareil alimentaire amenait les nappes de filaments à préparer; cylindres mobiles ou chapeaux fixes, également munis d'aiguilles avec crochets de direction opposée, dépouillant alternativement le gros tambour ou lui rendant les fibres pour en garnir les autres surfaces cardantes selon les vitesses relatives, et opérant par suite, d'une manière continue, la division de ces fibres; enfin appareil détacheur, rendant la matière cardée sous forme d'un voile ou ruban sans fin. Les perfectionnements ultérieurs tendirent surtout à réaliser automatiquement le débourrage et l'aiguisage des aiguilles dans les organes nettoyeurs, et à régler avec précision les différentes parties de la machine.

Quand débuta l'application des cardes cylindriques à l'obtention de

rubans continus, il importait d'autant plus de bien carder, que le coton passait directement de la carde au métier à filer. R. Arkwright s'assura un grand succès le jour où il eut l'idée de régulariser, d'uniformiser les premiers rubans par des doublages et des étirages successifs, avant de les soumettre au filage; l'appareil créé par lui à cet effet, c'est-à-dire le *banc d'étirage à lanterne,* fut patenté en 1775. Une filiation étroite rattachait cet appareil à l'invention si originale et si féconde de l'étirage par cylindres, due à Paul-Louis (1738).

Les machines anglaises s'introduisirent rapidement en France. Du reste, le Gouvernement ne ménageait ni les primes ni les encouragements d'autre nature. Néanmoins le filage à la main alimentait encore les trois quarts de notre consommation, vers le commencement du XIXe siècle. Le fil produit ne dépassait guère en finesse le n° 30 [1].

3. *Origines de la filature mécanique des laines.* — Primitivement, les différentes machines dont l'invention successive a engendré la filature automatique n'étaient destinées qu'au travail du coton. Mais certaines d'entre elles ne tardèrent pas à être employées, moyennant des modifications convenables, pour les autres textiles.

Les opérations à l'aide desquelles les filaments de longueur limitée sont transformés en fils continus ont toujours pour objet, une fois que la matière est amenée à un état de suffisante division, de faire glisser les fibres les unes sur les autres, de les échelonner et de les fixer définitivement par la torsion. Ces opérations finales obéissent à des règles invariables, et les machines qui les réalisent peuvent en principe servir indifféremment à tous les textiles, sauf les changements de détail commandés par la longueur et la ténuité plus ou moins grande des fibres, par le but spécial qu'on se propose d'atteindre, par le degré de finesse ou de résistance qu'il s'agit d'obtenir.

Au contraire, les traitements préalables, ceux dont l'objet est de préparer la substance à subir le filage proprement dit, varient nécessairement avec la nature des fibres, avec leur caractère physique, avec l'état dans lequel elles arrivent à l'industrie; ils dépendent aussi de la destination du fil. Les différences que présentent entre elles les di-

[1] Le numéro représente le nombre de kilomètres par 500 grammes.

verses opérations préparatoires tiennent d'ailleurs plus à la longueur, au degré de divisibilité et à la forme des filaments qu'à leur constitution intime. À cet égard, les variétés de laine présentent, les unes par rapport aux autres, des distinctions aussi tranchées que la plupart des autres textiles entre eux; celles qu'on emploie à la fabrication des tissus ras peuvent parfois se comparer au lin, quant à la longueur, à la raideur et à la résistance des brins, tandis que les laines spécialement recherchées pour les tissus foulés et drapés ont des filaments inégaux, frisés, élastiques, se rapprochant de ceux du coton, tout en exigeant néanmoins un traitement spécial.

Les laines de cette dernière catégorie, dites *laines à carde,* furent les premières auxquelles on chercha à appliquer les machines de préparation et de filage du coton. Des essais se poursuivirent simultanément en Angleterre, où le premier métier à filer aurait fonctionné à Dolphin Holme pendant l'année 1784, mais où le succès ne vint que sept ans après, et en France, où Quatremère-Disjonval, fabricant de draps près de Châteauroux, réussit, dès 1783, à carder la laine sur des machines à coton. Quatremère avait dû renoncer aux chapeaux fixes enveloppant le gros tambour et les remplacer par une couronne de cylindres mobiles, alternativement cardeurs et dégageurs. La combinaison de mouvements rotatoires en sens inverse des organes propres au démêlage ne permet pas aux brins de se ranger parallèlement dans la nappe, qui se trouve ainsi formée de filaments se croisant dans toutes les directions; ce résultat, qu'on s'efforçait d'atténuer pour le coton fin, sauf à restreindre la carde à rouleaux cylindriques mobiles au rôle de carde briseuse ou de première machine d'un assortiment de plusieurs cardes, convenait, au contraire, parfaitement à la laine cardée, dont il faut surtout ménager les propriétés feutrantes dans l'intérêt du foulage et des apprêts ultérieurs de l'étoffe.

Pour le filage de la laine courte, le métier employé fut la jenny primitive, dont l'usage s'est longtemps conservé dans quelques filatures en gros. Au lieu des bobines alimentaires servant à l'enroulement des mèches de préparation, on utilisait une toile sans fin qui recevait les loquettes venant de la carde et rattachées bout à bout par

des enfants. Ici, le mode d'étirage par le chariot était indispensable.

Douglas et Cockerill construisirent en France les premiers assortiments à peu près complets pour la laine cardée.

La laine longue et fine, ou *laine à peigne,* se montra plus longtemps rebelle à la filature mécanique. Ses brins avaient une tendance naturelle à friser, une rudesse superficielle qui s'opposait à leur glissement et à leur échelonnement; la régularité des étirages et, par suite, celle du fil en souffraient. Cependant Price de Rouen avait imaginé une machine à filer cette laine et obtenu du Gouvernement, en 1780, une prime de 3,000 livres. Quelques années plus tard, les Anglais étaient parvenus à employer les cylindres étireurs pour la préparation de la laine longue et lisse, dite *anglaise,* et à la filer sur les métiers créés par Arkwright.

À partir des débuts de la République, les essais en France se concentrèrent principalement sur la laine cardée; le travail de la laine à peigne y fut délaissé et Chaptal dut, en 1801, proposer un prix pour le perfectionnement des machines propres à ce travail. Seule, l'Angleterre accomplissait quelques progrès dans le peignage de la laine, comme l'attestent les machines à peigner qu'inventèrent E. Cartwright (1790), Wright et Hawskley (1793).

La première machine à filer les genres de laines fines qui ait fonctionné en France fut construite en 1811 seulement par le mécanicien Dobo, auquel avait été confié le montage des métiers employés dans l'établissement du célèbre Ternaux pour la fabrication des fils d'étoffe rase. Dobo cardait le peigné obtenu à la main, laminait le ruban au moyen d'une série d'étirages en aidant par la chaleur au redressement des fibres, amenait ce ruban à n'avoir plus que douze à quinze fois la grosseur du fil qu'il s'agissait de produire, puis lui faisait subir un roulage par frottement en le roulant transversalement entre deux planchettes glissantes, afin de donner à la mèche une certaine cohésion sans torsion aucune; la mèche arrondie était ensuite filée sur une mule-jenny ordinaire.

Jusqu'alors, on s'était occupé presque exclusivement des premières et dernières opérations de la filature, et on semblait perdre de vue l'importance des préparations intermédiaires devant suivre le pei-

gnage. Celui-ci, fait à la main, pouvait suffire; mais il n'était pas accompagné des laminages, dont le perfectionnement devait seul permettre de vaincre les difficultés du filage en fin des laines longues et fines. Les recherches dans cette direction, sans lesquelles l'effet des métiers de filature eût été stérile, ne donnèrent de résultats pratiques que plus tard, quand le filage de la laine peignée put bénéficier des innovations de la filature du lin. Bien que la première application d'une machine à peigner mécaniquement ait été réalisée en France, de 1808 à 1809, par Demaurey, le travail à la main resta en possession exclusive du peignage jusque vers 1830, parce que l'utilisation du peigné ne pouvait se développer.

4. *Origines de la filature mécanique du lin et du chanvre.* — L'adoption des moyens mécaniques rencontra des difficultés peut-être plus grandes encore pour le travail du *lin* et du *chanvre* que pour celui de la laine. Jusqu'en 1810, l'étude insuffisante et la connaissance incomplète des caractères naturels de ces textiles empêchèrent qu'on ne les fît profiter des progrès accomplis dans la filature du coton.

Un Français, Demaurey, avait bien, dès 1797, composé un système de machines à filer le lin. D'autres inventeurs, comme Robinson (1798), Leroy (1807), etc., s'étaient pourvus de brevets pour la formation des rubans de filasse par des laminages, des étirages et des doublages successifs, très analogues à ceux que subissait le coton, et pour le filage de ces rubans au métier continu. Mais ces opérations, effectuées à sec et suivant toute la longueur des brins, se heurtaient à des obstacles dont on ne triomphait que d'une manière imparfaite et au détriment des produits.

Telle était la situation quand eut lieu le fameux concours de 1810 institué par Napoléon Ier. Une récompense d'un million de francs devait être attribuée à l'inventeur des meilleures machines à filer le lin, quelle que fût sa nationalité. Le programme arrêté par le comte de Montalivet, alors Ministre de l'intérieur, imposait aux concurrents l'obligation de faire : 1° des fils de lin pour chaîne et pour trame, propres à donner un tissu aussi fin que la mousseline fabriquée avec du fil de coton n° 400,000 mètres au kilogramme; 2° des fils de lin

pour chaîne et pour trame, propres à donner un tissu aussi fin que la percale fabriquée avec du fil de coton n° 225,000 mètres au kilogramme; 3° des fils de lin pour chaîne et pour trame, propres à donner un tissu aussi fin que la toile fabriquée avec du fil de coton n° 170,000 mètres au kilogramme. Il demandait une économie de main-d'œuvre de huit dixièmes pour la première catégorie de fils, de sept dixièmes pour la seconde et de six dixièmes pour la troisième, par rapport aux procédés de filature à la main. Malgré la prorogation du concours, le prix ne put être décerné; les exigences du programme étaient trop rigoureuses et avaient été dictées par des préoccupations trop exclusives en faveur des numéros de fil les plus élevés.

Cependant, dès juillet 1810, Philippe de Girard, ancien professeur de physique et de chimie à l'école centrale de Marseille, déjà connu pour sa lampe hydrostatique et pour d'autres découvertes utiles, prenait avec ses frères un premier brevet d'invention relatif à la filature du lin et du chanvre par des procédés mécaniques. Plusieurs certificats d'additions et de perfectionnements, constituant un véritable traité sur la matière, firent suite au brevet de 1810.

Dans le cas des substances qui se composent de brins élémentaires distincts et tout constitués, comme la laine et le coton, les préparations n'ont d'autre objet que de mettre ces brins parfaitement à nu, de les démêler jusqu'à division parfaite, de les débarrasser des corps étrangers, de les lisser et de les assouplir. Mais le lin et le chanvre sont formés d'éléments agglutinés; chaque filament complexe doit être fractionné en plusieurs filaments plus fins, et, lorsqu'on veut atteindre une grande finesse de fils, il faut pousser ce fractionnement aussi loin que possible, afin d'avoir des fibrilles très flexibles et bien aptes à s'échelonner. On arrive au résultat voulu par un peignage répété et par le mouillage : de tout temps, les fileuses à la main ont eu soin d'humecter les fibres, en les étirant entre leurs doigts, pour ramollir les matières agglutinantes et accroître la division des brins au moment du filage.

L'un des mérites de Ph. de Girard est de s'être bien rendu compte de cette divisibilité. En 1810, il proposa d'immerger dans l'eau chaude ou alcaline les filaments provenant du peignage, de manière à dés-

agréger les fibres élémentaires : ces fibres, amenées ainsi à leur finesse réelle et ne mesurant pas d'ailleurs plus de 0 m. 04 à 0 m. 10 de longueur, deviennent alors susceptibles de glisser les unes sur les autres sans se rompre à l'étirage, et rien ne s'oppose à ce qu'on les soumette en cet état à l'action d'un métier pour fil fin. Les cylindres d'étirage peuvent, grâce à la longueur limitée des brins, y être rapprochés presque autant que dans les métiers en usage pour filer la laine.

C'est également à Ph. de Girard qu'on doit le maintien du parallélisme des fibres au moyen de peignes continus, pendant les étirages. Le ruban de lin ou de chanvre se forme comme le ruban de coton par des étirages et des doublages successifs, pratiqués entre des systèmes de cylindres tournants. Mais, si l'on ne prend le soin de soutenir et de bien diriger les filaments pendant leur marche, il est impossible d'éviter la formation de boucles et de nœuds dus à l'entraînement naturel des fibres de la filasse, telle qu'elle sort du peignage, ainsi qu'à l'espacement des cylindres; ces nœuds et ces boucles, nés dans les premiers rubans, persistent et se multiplient jusqu'aux dernières opérations; la qualité du fil en est gravement altérée. Ph. de Girard comprit la nécessité de faire cheminer les fibres d'un cylindre à l'autre au travers de peignes mobiles, destinés à accompagner les brins, à les serrer suivant des alignements bien parallèles, à les maintenir, tout en leur permettant de glisser entre eux et de céder ainsi graduellement et sans se désunir à l'action des cylindres. Avant lui, Leroy avait songé, dès 1807, à interposer entre les paires de cylindres alimentaires et étireurs un tambour garni de peignes: ce dispositif, suffisant pour les laines, ne l'était point pour le lin; de Girard le perfectionna et remplaça le tambour par des barrettes à sérans, qu'il fixa d'abord à des cuirs sans fin, ensuite à des plaques métalliques articulées, constituant une chaîne également sans fin [1]. Pour faciliter l'expulsion de la matière à l'approche des cylindres étireurs, il plaça sous la filasse, dans l'intervalle

[1] Plus tard, cette disposition a été remplacée par celle qu'imaginèrent Westley et Lawson (1833) et qui consistait à munir chaque barrette de tenons s'engageant dans les rainures hélicoïdales d'un couple de vis à filets carrés et faisant cheminer la barrette entre les cylindres, tandis qu'un couple de vis semblables, mais inverses, placé au-dessous, servait à ramener cette barrette. La descente et la montée des barrettes d'un couple de vis à l'autre s'effectuait au moyen de cames ou d'excentriques.

libre des sérans, de petites tringles mobiles qui, soulevées successivement par leur glissement sur des guides fixes, la dégageaient d'entre les peignes.

Le procédé de filature indiqué par Ph. de Girard en 1810 consistait à transformer progressivement la filasse en rubans de plus en plus unis, au moyen de doublages et d'étirages, à convertir les rubans ainsi obtenus à sec en gros fils de n°s 10 à 40, à tremper ces fils dans l'eau chaude, puis à leur faire subir un dernier étirage en fin sur un métier continu ordinaire, après leur avoir enlevé l'excès de torsion nécessité par le trempage, torsion qui se serait opposée à l'étirage définitif.

En 1815, de Girard ajouta à l'assortiment de machines exécutant ces opérations un appareil dit *à rubaner,* qui avait pour fonction de réunir et de souder, par l'emploi d'auges à sérans mobiles, les mèches isolées venant du peignage, de manière à constituer mécaniquement les premiers rubans, au lieu de les former à la main. Il modifia aussi son métier à filer en gros, dans le but de soustraire les mèches à la torsion permanente dont les inconvénients étaient très sensibles lors de l'étirage en fin: pendant cette opération, en effet, les fibres fatiguées et énervées sortaient inégalement du fil sous forme de duvet; dans le dispositif créé par de Girard, les mèches quittant les cylindres étireurs passaient à travers de petits tubes, animés d'un mouvement de rotation très rapide, où elles se trouvaient tordues à l'entrée, puis détordues à la sortie, et acquéraient ainsi une certaine cohésion[1]. Quant au métier à filer en fin, il ne différait des anciens continus qu'en ce que les ailettes offraient pour la première fois des branches creuses, qui, en dirigeant la mèche sur les bobines, la soustrayaient à l'action de l'air et de la force centrifuge.

Tels furent les procédés de filature mis en œuvre dans les deux éta-

[1] Ces tubes donnaient lieu à de fréquentes ruptures. Plus tard, chacun d'eux fut remplacé par une paire de tubes disposés à la suite l'un de l'autre: le premier, immobile, servait à réunir les fibres après l'étirage, tandis que le second, animé d'un mouvement alternatif, tordait et détordait les mèches. Le même dispositif a été reproduit depuis dans les machines américaines à filer le coton et la laine, que Dyer de Boston importa en Europe vers 1825 et qui avaient pour objet d'accélérer la préparation des gros fils en supprimant les étirages à lanterne.

blissements fondés à Paris dès 1813 par de Girard et ses frères. L'imperfection encore assez grande des machines et surtout l'emploi peu économique de la force motrice expliquent le peu de succès de ces établissements, qui ne purent résister aux terribles secousses de 1814 et de 1815. Mais, en 1817 ou 1818, l'inventeur était sorti de la période des essais; les perfectionnements dictés par l'expérience rendaient son matériel apte à fonctionner régulièrement; des machines à battre et à peigner la filasse avaient, d'ailleurs, été adjointes aux assortiments.

Les *peigneuses mécaniques* qui existaient à cette époque, celles de Peters et de Porthouse, par exemple, occasionnaient des déchets et une main-d'œuvre si considérables, qu'on leur préférait dans toutes les filatures les peignes ou sérans à la main. Philippe de Girard inventa une machine donnant des résultats bien plus satisfaisants. Voici quels étaient les traits essentiels de sa peigneuse. Sur des bielles verticales obéissant à un mouvement circulaire continu, il montait des rangées parallèles de sérans à barrettes horizontales, formant des sortes de râteaux oscillants qui s'approchaient et s'écartaient alternativement de la nappe de filasse et en peignaient longitudinalement les fibres pendant la période descendante de leur va-et-vient; deux séries de râteaux semblables, placés l'un en face de l'autre, attaquaient la nappe des deux côtés à la fois et lui faisaient subir cette sorte de pénétration ou de piquage perpendiculaire à la gerbe, dont on a reconnu depuis l'extrême importance pour le lin et le chanvre. Les aiguilles des peignes allaient d'ailleurs en se resserrant et en augmentant de finesse, à partir du point d'entrée de la filasse jusqu'à son point de sortie; leur action commençait vers le bas des mèches pour s'approfondir de plus en plus à la remonte vers le milieu, de façon à dégager progressivement les étoupes et à éviter la formation des nœuds. Le peignage n'exigeait qu'une double opération, sans autre retournement que celui des mèches dans les pinces. Une *machine à daguer,* c'est-à-dire à battre la filasse, pour la débarrasser des pailles et autres corps étrangers, préparait et facilitait le travail de la peigneuse.

Ph. de Girard avait aussi imaginé un autre type de peigneuse, où la nappe de filasse était soumise progressivement à l'action d'un ou de deux tambours horizontaux à sérans. Enfin son premier modèle,

appliqué dès 1817 à l'établissement d'Hirtenberg (Autriche), se composait de deux cuirs sans fin à mouvement vertical, garnis de peignes, marchant en sens contraire et attaquant à la fois la nappe de filasse sur les deux faces opposées : c'est sur le principe de cette machine, combiné avec l'effet de piquage du type précédemment décrit, que sont basées les peigneuses à lin modernes.

Si ces diverses inventions n'avaient pas acquis du premier coup, au point de vue de l'exécution matérielle, le degré de perfection et de maturité voulu pour assurer leur succès industriel, on n'en doit pas moins reconnaître que Philippe de Girard avait, dans la période comprise entre 1810 et 1819, posé au complet les véritables fondements de la filature du lin et du chanvre.

À peine est-il nécessaire de rappeler l'histoire bien connue de l'inventeur malheureux et longtemps méconnu, ses déboires financiers à Paris, son incarcération à Sainte-Pélagie, sa spoliation par deux associés qui extorquèrent ses procédés pour les vendre au négociant Hall de Londres, son expatriation en Autriche, l'échec de son usine d'Hirtenberg malgré les subsides de l'Empereur d'Autriche et du prince Jérôme Bonaparte. L'odyssée se termina par une entreprise plus féconde en Pologne, dans un domaine du Ministre des finances, comte de Lubientsky. Revenu sur le sol de France en 1844. Philippe de Girard mourut l'année suivante sans avoir obtenu du Gouvernement ni récompense pécuniaire, ni distinction honorifique; plus tard, une loi du 7 janvier 1853 accorda à ses héritiers des pensions nationales.

Entre temps, l'Angleterre avait su s'emparer des inventions de Philippe de Girard. Elle les perfectionna, y ajouta le cardage et la filature des étoupes par des méthodes et à l'aide de machines analogues à celles qui servaient pour le coton. Grâce à l'habileté des constructeurs anglais, la filature du lin était, dès 1826, entièrement constituée dans la Grande-Bretagne, et ce fut à Leeds que nos manufacturiers durent aller ensuite chercher, au prix de mille peines, les machines qui leur faisaient défaut.

5. *Observation sur les progrès simultanés des diverses branches de la filature.* — Pendant que de Girard créait de toutes pièces la filature

mécanique du lin et du chanvre, le travail automatique du coton et de la laine ne demeurait pas stationnaire : les machines anciennes s'amélioraient; des appareils nouveaux étaient inventés; les assortiments se transformaient, sinon par des changements brusques, du moins par des progrès continus.

Les différentes branches de la filature présentant une étroite solidarité, chacune d'elles profitait dans une certaine mesure des études entreprises et des innovations réalisées pour les autres, soit au point de vue des métiers à filer, soit au point de vue des machines de préparation. C'est ainsi que la préparation de la laine longue empruntait à celle du lin le principe des peignes d'étirage mobiles, que la filature en gros du coton s'inspirait avantageusement des procédés d'étirage sans torsion permanente d'abord appliqués à la laine, etc.

6. *Progrès des machines de préparation jusqu'au milieu du* XIX*e siècle.* — Après avoir ainsi étudié les origines de la filature mécanique, voyons quelles furent les étapes successivement franchies jusqu'au milieu du XIXe siècle, et, pour suivre l'ordre logique, commençons par les machines de préparation.

Bien qu'introduite de bonne heure en France, la filature mécanique du *coton* ne s'y répandit qu'avec lenteur. Vers 1813, la lutte entre le rouet et les machines automatiques se prolongeait encore. Mais, à partir de cette époque, notre industrie cotonnière prit un vigoureux essor. L'outillage s'était complété et enrichi de machines supprimant le travail manuel, lent, imparfait et nuisible à la santé, des opérations qui devaient précéder le cardage.

Les plus anciennes mécaniques à *battre* furent simplement agencées pour faire agir automatiquement des baguettes sur la substance à épurer. Aucune disposition ne réglait la marche des filaments, dont une partie échappait à l'action des baguettes, tandis que le surplus était profondément maltraité et altéré. Bientôt on reconnut qu'il fallait opérer avec plus de méthode et diviser l'opération en plusieurs phases, afin de conserver à la matière toutes ses qualités. Dans ce but, on imagina de faire précéder les batteuses de machines à *ouvrir*, c'est-à-dire à diviser la masse et à secouer les fibres, ainsi que cela se

IMPRIMERIE NATIONALE.

pratiquait pour la laine depuis 1804. Tout d'abord, ces machines nouvelles eurent pour organe principal un arbre incliné, muni de dents d'inégale longueur et tournant dans une caisse à claire-voie. Le dégagement énorme de poussière qui se produisait au travers de l'enveloppe détermina à fermer l'appareil de toutes parts, sauf à la base où une grille livrait passage aux impuretés; dès lors, les machines à ouvrir furent généralement formées d'un tambour cylindrique ou conique, armé de dents et tournant dans une enveloppe close garnie de dents semblables et opposées. Puis la continuité de l'alimentation et de l'évacuation fut assurée par des toiles sans fin et des cylindres d'appel, placés tant à l'entrée qu'à la sortie. Enfin on ajouta des ventilateurs destinés à l'enlèvement de la poussière.

Une fois l'opération ébauchée par ces machines, dites *loups* ou *diables*, il restait à chasser plus complètement les impuretés et à rendre aux filaments leur élasticité primitive : c'est alors qu'avait lieu le *battage*, par un volant placé dans une enveloppe close; tout était réglé de telle sorte qu'aucun filament ne pût échapper à l'action des bras de ce volant; un ventilateur aspirait les flocons fibreux en forme de nappe sur des toiles ou claies sans fin.

Quoique complète dès la fin du XVIIIe siècle, la *carde* ne cessa pas de subir des modifications de détail intéressant le réglage de ses éléments ainsi que son entretien. On chercha les moyens de débourrer automatiquement les aiguilles cardantes des organes nettoyeurs[1], d'aiguiser les garnitures; les machines américaines à *bouter* se propagèrent.

Ensuite vint l'idée de réunir les rubans d'une même rangée de cardes en un rouleau unique et de les conduire dans ce but, par des couloirs parallèles, jusqu'à une machine de réunion. Ces couloirs à réunir, dus à Bodmer (1825), furent également appliqués aux machines à étirer : l'opération des étirages devenait ainsi entièrement continue, et l'on pouvait assembler en un même rouleau les rubans livrés par divers appareils d'étirage, au lieu d'avoir comme

[1] L'enlèvement des impuretés qui engorgent les aiguilles cardantes est essentiel au bon fonctionnement de la carde. On est d'accord pour attribuer à Bodmer (1824) l'invention des premiers mécanismes débourreurs.

auparavant à recevoir chaque ruban dans un pot qu'il fallait transporter d'une machine à l'autre.

Le nombre des étirages et des doublages fut augmenté; quand le ruban, arrivé à une ténuité assez grande, n'avait plus la consistance voulue pour être étiré en fin, on lui imprimait un léger degré de tors. Bientôt l'ancien banc d'étirage *à lanterne*, où cette torsion était produite par la rotation des pots verticaux servant de réceptacles aux mèches, fit place au *banc à broches*, qui remplissait la même fonction d'une manière plus parfaite et dans lequel, pour éviter la complication et les déchets inhérents à l'emploi des pots et des canaux, on eut l'heureuse pensée de reproduire des bobines analogues à celles du rouet.

Après avoir fait l'objet d'un brevet d'importation, pris en 1823 par les anglais Eaton et Farey, le banc à broches fut introduit en France, l'année suivante, par la Société industrielle d'Ourscamp, près de Compiègne. Il a en commun, avec le métier continu, les cylindres étireurs et les broches verticales à ailettes et à bobines; mais il en diffère par sa commande, qui imprime aux bobines un mouvement double indépendant de celui des broches et destiné à régler l'enroulement du fil.

Dans le métier continu, les bobines très petites n'éprouvent que d'assez faibles variations de grosseur; de petits freins à poids régulateur suffisent pour en modifier la résistance, à intervalles éloignés, quand leur grossissement l'exige; on se contente d'imprimer au chariot horizontal portant ces bobines un mouvement de va-et-vient, afin de régulariser l'enroulement sur toute la hauteur, et le fil, beaucoup plus solide qu'avec le banc à broches, se charge de tirer constamment la bobine, dont la résistance assure ainsi l'envidage régulier sous une tension convenable.

Dans le banc à broches d'Ourscamp, la rotation des broches se faisait bien encore avec une vitesse constante. Mais les organes de transmission étaient réglés de façon à commander les bobines elles-mêmes, à ralentir progressivement leur vitesse de rotation, ainsi que le mouvement vertical de va-et-vient du chariot, suivant le grossissement de ces bobines, et à maintenir l'envidage du fil peu tordu sans aucune ten-

sion[1]. Les ingénieuses combinaisons par lesquelles Eaton et Farey réalisaient le double mouvement des bobines ont servi de point de départ à la solution plus simple et bien plus exacte de H. Houldsworth (Manchester, 1826), qui a subi elle-même des modifications considérables, notamment par la substitution d'engrenages aux courroies sans fin des diverses commandes. Ce système comporte, comme organe de transmission, un tambour à rouages différentiels, monté sur l'arbre moteur de la machine et transmettant aux bobines la résultante de deux vitesses : 1° la vitesse constante de l'arbre moteur; 2° la vitesse variable d'une poulie conique, qui est montée sur un arbre parallèle à l'arbre moteur et dont la courroie motrice se déplace graduellement vers le plus gros diamètre, à chaque couche enroulée sur les bobines. Le mouvement rotatoire de ces bobines s'effectue suivant la résultante des deux vitesses; leur mouvement de translation le long des broches est réglé par la vitesse variable de la poulie conique. La courroie sans fin du cône passe d'ailleurs sur une poulie à gorge dont l'arbre, parallèle à l'arbre moteur, reçoit de ce dernier un mouvement uniforme de rotation; une crémaillère, avançant d'une dent à chaque excursion du chariot porte-bobines, fait glisser successivement la courroie sur le cône.

Depuis Houldsworth, les perfectionnements du banc à broches ont tous eu pour objet la régularité de l'étirage, du tors, de la faible tension du fil, et le meilleur enroulement sur les bobines. Uniquement appliquées d'abord à la filature du coton, les nouvelles machines ont fini par se faire adopter dans la préparation du lin et du chanvre.

Au moment où le travail se perfectionnait grâce à l'amélioration du banc à broches, on se préoccupait aussi d'éviter, dans la filature en gros, les inconvénients de la torsion permanente des mèches. Girard s'y était employé avec ardeur; Dobo avait résolu le problème pour la laine longue; Winslow, du Havre, importa d'Amérique ou d'Angleterre, vers

[1] La différence des vitesses de la broche et de la bobine, qui produit l'enroulement du fil, ne doit pas varier malgré le grossissement de cette dernière. Il faut donc que la vitesse à la circonférence de la bobine reste constante, et par suite que sa vitesse angulaire varie en raison inverse du diamètre. Le mouvement de va-et-vient longitudinal de la bobine, qui enroule régulièrement le fil sur toute la hauteur, doit varier dans la même proportion : c'est après chacun des mouvements longitudinaux que s'opère la variation de vitesse angulaire.

1827, le *rota-frotteur*, qui, après avoir reçu divers perfectionnements, ne tarda pas à se répandre, surtout en Normandie, pour la filature expéditive des gros fils de coton. Cette machine possède, de même que les bancs d'étirage et le banc à broches, des paires de cylindres lamineurs; elle en diffère dans la manière de donner au fil la cohésion et la rondeur. À la sortie des cylindres, les mèches passent entre un cuir sans fin (animé d'un mouvement de translation autour de ses rouleaux de support et d'un mouvement de va-et-vient transversal) et un gros rouleau frotteur (doué d'un mouvement de va-et-vient en sens contraire); puis elles sont laminées entre deux cylindres d'appel et tombent finalement dans une boîte à mouvement alternatif, où elles se disposent régulièrement. Le rota-frotteur permet de soumettre immédiatement les fils de préparation au métier à filer. Bien qu'il donnât des résultats inférieurs en précision à ceux du banc à broches et qu'il occasionnât souvent des déchets, par suite de son exécution imparfaite et de la manière dont le fil était disposé à la sortie, ses avantages économiques le firent promptement employer pour les numéros ordinaires de coton.

C'est surtout dans la filature de la *laine fine et longue* que l'étirage sans aucune torsion a joué un rôle capital et donné des résultats favorables à la qualité des produits.

Malgré les tentatives de Dobo, le travail mécanique des *laines à peigne* était demeuré très imparfait. Il entra dans une voie nouvelle quand Laurent appliqua aux machines à étirer, à doubler et à laminer ces laines des manchons cylindriques garnis d'aiguilles, pour diriger et soutenir les filaments entre deux cylindres, suivant le principe désormais suivi dans les étirages du lin[1]. Ce peigne cylindrique, dont on ne tarda pas à constater les avantages, fut successivement perfectionné dans ses détails par Declanlieu et Bruneaux. Lasgorseix poursuivit les recherches de Laurent et prit en 1828 un brevet pour des machines à travailler la laine peignée, qui offraient plus d'une analogie avec les machines à lin et qui présentaient notamment une application des *tubes tournants*, servant à former les mèches sans torsion permanente. L'idée

[1] Les aiguilles, inclinées vers l'arrière, se dégageaient d'elles-mêmes de la mèche.

déjà émise par Dobo, de faire les préparations à chaud et de tortillonner les mèches pour aider au redressement des fibres, fut ensuite reprise et perfectionnée. Enfin l'industrie de la laine peignée fit un nouveau pas, grâce à l'invention du *bobinoir,* appareil analogue au rota-frotteur et consistant en un banc d'étirage à deux cuirs sans fin, disposés parallèlement comme deux laminoirs et animés de mouvements de va-et-vient en sens contraire, de façon à frotter et à rouler plusieurs boudins à la fois. Les assortiments construits en 1837 par Villeminot, avec leurs ingénieuses machines à *défeutrer et réunir,* basées sur l'emploi de peignes cylindriques entre les étireurs et du bobinoir frotteur à leur sortie, permirent de pousser à un degré de perfection très élevé la préparation de la laine peignée; cette laine était soumise directement au métier mule-jenny, sans passer par le banc à broches, méthode qui détermina la longue supériorité de nos manufactures lainières.

La laine longue était en grande partie peignée à la main; aucune des nombreuses tentatives faites pour arriver au peignage mécanique n'avait eu de succès durable. En France, c'est-à-dire dans le pays le plus avancé au point de vue de l'industrie des laines à peigne, la seule peigneuse parfois employée était celle qu'inventa Godard (1826) et que construisit Collier : présentée à l'Exposition de 1834, cette machine commença à se répandre dans les usines de Reims après 1842 [1]. D'autres peigneuses, telles que la peigneuse Saulnier (1844), avaient pour but d'imiter servilement les divers mouvements du peigneur à la main. Mais tous ces appareils, bien que progressivement améliorés, ne donnaient point encore, vers 1845, des résultats comparables à ceux du peignage manuel par un ouvrier habile; le travail mécanique ne se substitua pratiquement au travail à la main qu'en 1849.

Les préparations de la *laine à carde* ayant beaucoup de similitude avec celles du coton, on employa, dès l'origine, au *battage* et à l'*ouvrage* de la laine des machines presque identiques aux willows. Mais les

[1] La peigneuse Godard-Collier se composait de deux grandes roues armées de dents, qui tournaient en se rapprochant et s'éloignant alternativement de manière à se dépouiller réciproquement de la laine dont les aiguilles étaient chargées; la laine longue ou *cœur* était attirée par des cylindres d'appel, tandis que les filaments courts, formant la *blousse,* restaient au fond des dents, d'où on les retirait à la main.

cardes à laine fournissaient encore des loquettes, alors que depuis longtemps les cardes à coton produisaient des rubans continus; ces loquettes devaient être rattachées à la main par des enfants, dont le travail pénible préjudiciait à la perfection du fil : il fallut en France la loi sur le travail des enfants dans les manufactures pour faire adopter le type de carde en fin dit *carde américaine*, où le voile cardé se divisait en un certain nombre de mèches continues pouvant être immédiatement soumises à un métier mule-jenny.

On sait qu'il n'y a pour la laine cardée ni étirage ni doublage, parce qu'il est nécessaire d'en ménager les propriétés feutrantes que des laminages compromettraient ou détruiraient.

Quant aux machines à peigner, à rubaner, à étirer le *lin*, elles ont été successivement perfectionnées, dans leurs détails, par P. Fairbairn et d'autres ingénieurs anglais, qui, sans modifier les principes de Girard, changèrent avantageusement le système de construction et quelques-uns des modes de travail.

Les peigneuses mécaniques surtout furent l'objet de recherches nombreuses. Plusieurs constructeurs, comme Wordsworth, reprirent les machines à nappes sans fin garnies de peignes et les machines à double hérisson, où les poignées de filasse, suspendues à des pièces mobiles dans une coulisse, étaient simultanément peignées sur leurs deux faces; les améliorations importantes consistèrent à donner au chariot porte-pinces un mouvement vertical de va-et-vient, ce qui permit, mieux que l'inclinaison de la coulisse, de régulariser le peignage progressif depuis la pointe jusqu'au milieu des poignées de filasse. D'autres ingénieurs, tels que Marsden, créèrent des peigneuses à *excentriques*. La variété même des machines existant vers 1850 prouvait qu'on était encore loin d'avoir atteint la perfection dans le peignage mécanique du lin et du chanvre; pour obtenir une grande finesse, ce peignage devait être nécessairement complété par un *sérançage* à la main.

Quoique la substitution des machines à la main-d'œuvre de l'homme pour les opérations de broyage ou de teillage eût été étudiée dès avant la fin du XVIIIe siècle, quoique Bralle et Mollard eussent inventé en 1790

une broie mécanique, la question n'avait pas beaucoup avancé. La tentative de Bralle et Mollard, celle de Christian (1818), celle de Robinson et Westley (1830), etc., reposaient sur l'emploi de cylindres ou de cônes lamineurs à cannelures profondes; aucune des machines ainsi établies ne pouvait prendre pied dans les campagnes : leur complication, la cherté de la plupart d'entre elles, la nécessité de moteurs puissants sans lesquels leurs avantages économiques auraient été à peu près nuls, constituaient autant d'obstacles presque insurmontables.

7. *Progrès des métiers à filer jusqu'au milieu du XIXe siècle.* — Passons maintenant aux progrès réalisés jusqu'au milieu du XIXe siècle pour les *métiers à filer.*

La conception primitive et fondamentale de ces métiers n'avait pas varié depuis la fin du siècle précédent; leurs organes, leur mode de fonctionnement, leur but étaient restés immuables; ils n'en avaient pas moins reçu des modifications portant soit sur les détails de construction, soit sur les transmissions de mouvement.

Vers 1820, le nombre des broches pour les métiers à *coton* ne dépassait point 260 en France; elles tournaient avec une vitesse de 2,400 tours environ. Cependant les fils produits avaient acquis assez de finesse pour remplacer les fils à la main dans la fabrication des mousselines.

On poursuivait avec ardeur les perfectionnements de la mule-jenny. Les tentatives faites dès avant 1800, pour arriver au métier automatique, c'est-à-dire au métier réduisant le rôle de l'ouvrier à une simple surveillance, furent reprises; mais le problème de l'automatisation complète présentait de telles difficultés, qu'il fallut une longue suite de recherches pour le résoudre. En 1826, Jough prit un brevet relatif à une mule-jenny entièrement automatique, que ses mérites firent rapidement adopter : vers 1832, la filature automatique comptait près de 400,000 broches en Angleterre[1], et ce chiffre alla sans cesse croissant. Toutefois ce fut seulement vers 1855 que Parr, Curtis et Madeley

[1] Les métiers à filer la chaîne étaient de 360 broches, et les métiers à filer la trame de 480 broches.

mirent l'industrie en possession du premier type irréprochable de self-acting.

Plus simple que la mule-jenny, le métier continu avait divers inconvénients auxquels on cherchait à remédier : la tension du fil, obtenue par l'action d'un frein à poids sur la bobine, était irrégulière par suite du réglage de ce frein à la main; cette tension devait être augmentée avec la vitesse des broches et en conséquence avec la tension et la finesse des fils, de sorte qu'il devenait difficile de réaliser une grande finesse sans s'exposer à de fréquentes ruptures. Divers constructeurs, entre autres Bradburg, s'étaient efforcés de donner à la broche et à l'ailette des mouvements indépendants, pour régler l'envidage en évitant les fâcheux effets de cette tension qui, du reste, absorbait inutilement une quantité notable de force motrice. On avait aussi cherché à améliorer la construction des broches dans le but d'atténuer leurs vibrations, par un amoindrissement de leur longueur et par la fermeture de l'ailette sur tout son pourtour. Enfin, depuis 1825, l'Amérique tentait de supprimer l'ailette et de la remplacer par une bague circulaire fixée sur le chariot et portant à sa circonférence un crochet mobile pour guider le fil.

Lors de la grande enquête administrative de 1833, des améliorations sensibles se manifestaient déjà dans notre industrie cotonnière. Le coton était filé couramment jusqu'au n° 200, exceptionnellement jusqu'au n° 300. On constatait un accroissement du travail par broche, qui, pour les numéros ordinaires (30 à 33), atteignait 30 grammes en une journée de treize à quatorze heures et s'élevait même à 41 grammes dans quelques usines. Un ouvrier suffisait à 50 broches[1]. Cependant la vitesse des broches, qui peut être considérée comme l'un des éléments les plus caractéristiques du progrès, ne dépassait pas 3,500 tours.

À partir de cette époque, les machines de préparation se complétèrent et s'améliorèrent; l'emploi du banc à broches se généralisa pour le coton, comme pour le lin; sous l'influence dominante de la maison Platt, cet appareil fut mieux étudié; la même maison introduisit les étirages à casse-mèches et les pots à envidage épicycloïdal d'Evan

[1] En Angleterre, on n'employait plus qu'un ouvrier par 66 broches.

Leigh. À ces faits il y a lieu de joindre les résultats, moins faciles à préciser, de la diffusion des sciences exactes, d'une connaissance plus approfondie et mieux raisonnée des conditions dans lesquelles devaient être établis, réglés et conduits les divers mécanismes. La production fit de nouveaux progrès, et le jury de l'Exposition de 1844 put dire que les 58 millions de kilogrammes de coton filés en France avec 3,600,000 broches en eussent exigé 4,500,000, dix ans auparavant, tout en donnant des fils moins réguliers et plus chers.

C'est pendant cette période que les bobines coniques à compression furent adoptées pour le banc à broches et que les commandes de broches et de bobines par chaînes, cordes ou courroies, employées jusqu'en 1833 malgré les tentatives déjà anciennes de J. White (1804), cédèrent entièrement la place aux commandes par engrenages. La substitution ainsi opérée fut éminemment favorable à la bonne utilisation du travail moteur et à la régularité du mouvement des broches et bobines.

Tous les perfectionnements des métiers à filer avaient profité également à la filature du coton et à celle de la *laine peignée*. En effet, cette dernière substance se travaillait sur des métiers du genre mule-jenny, presque identiques aux métiers à coton et n'en différant que dans les pressions des cylindres, dans leur écartement et dans les vitesses des étireurs ou des broches : ces différences n'étaient même pas plus sensibles que celles des métiers à coton, pour les diverses qualités et les divers numéros de fils.

Mais la filature de la *laine cardée*, quoique l'une des plus anciennes en France, se trouvait bien moins avancée au point de vue mécanique. On réservait au foulage et aux apprêts le soin de corriger les imperfections du filage, et cette partie du travail de la laine courte était si bien considérée comme un accessoire de la fabrication qu'à un certain moment des industriels se préoccupèrent de la supprimer et d'y suppléer par le feutrage direct des fibres. Cependant les progrès réalisés dans les machines à filer les autres matières, le besoin de livrer au tissage des fils plus résistants et le développement des articles de fantaisie déterminèrent enfin les fabricants à poursuivre l'amé-

lioration de leurs métiers de filature. L'ancien métier à pince, de 60 broches au maximum, fut remplacé par la mule-jenny de 120 à 240 broches, conforme au type ordinaire, sauf suppression des couples de cylindres étireurs, à l'exception d'un seul : celui-ci remplissait les fonctions d'une pince chargée de fournir la mèche au chariot, dont le mouvement allongeait le fil. Le métier à filer en fin ne se distinguait d'ailleurs du métier à filer en gros que par un plus grand nombre de broches et par de légères modifications dans les cylindres livreurs.

Dès 1830, le filage à la main avait presque complètement disparu pour la laine et ne produisait plus que les fils de chaîne en laine peignée. Bientôt même, les métiers purent fournir indistinctement les fils de chaîne et les fils de trame; à l'Exposition de 1834, on vit des fils cardés nos 42 à 106 et des fils peignés atteignant le n° 150.

Pour le *lin* et le *chanvre*, le filage à la main pourvoyait encore, en 1844, aux neuf dixièmes de notre consommation. Les métiers à filer étaient néanmoins parvenus à un haut degré de perfection, depuis que les formes des machines à coton avaient été moins scrupuleusement imitées et les proportions mieux adaptées à la nature spéciale des filaments.

Dans la fabrication des gros fils (au-dessous du n° 10), on filait le lin à sec en toute longueur sur le métier continu, auquel Decoster avait adjoint des peignes guidant les mèches jusqu'au dernier étirage. Dans la fabrication des fils moyens et fins, on filait le lin *à la décomposition*, c'est-à-dire à l'eau chaude, après l'avoir coupé en deux, trois ou quatre morceaux; ce sectionnement, introduit dès 1830 par les filateurs anglais, permettait d'obtenir une régularité plus grande des fibres.

La principale modification apportée aux idées primitives de Girard pour le filage à l'eau chaude avait consisté simplement à placer en avant des cylindres étireurs l'auge où devait être plongée la matière filamenteuse; l'eau de cette auge était chauffée à la vapeur et traversée par la mèche très peu tordue de préparation.

Au milieu du siècle, l'économie de l'industrie textile subit de profondes modifications, quand Josué Heilmann eut découvert sa peigneuse mécanique. Cette machine, primitivement destinée au démêlage du coton longue soie, ne tarda pas à être avantageusement employée à la préparation de la laine, des étoupes, de la bourre de soie.

Jusqu'alors, les difficultés les plus sérieuses de la filature étaient dues à l'inégalité de longueur des filaments et aux boutons qui y adhéraient; le cardage pour le coton et le peignage pour la laine faisaient bien disparaître une partie des boutons, mais ne débarrassaient pas des fibres trop courtes pour être convenablement filées. Aucune des peigneuses mécaniques successivement imaginées n'avait pu résoudre le problème, ni même donner des résultats égaux à ceux du travail manuel.

Heilmann, le premier, généralisa la question du peignage et trouva une méthode rationnelle et indépendante de la nature des fibres, pour réaliser mécaniquement l'épuration des filaments, leur redressement parallèle, ainsi que la séparation des brins courts et des brins longs; le premier, il pensa à former des têtes peignées à l'extrémité d'une nappe continue et à extraire les mèches successives hors de cette nappe, pour en peigner la queue et les rattacher l'une à l'autre en un nouveau ruban continu.

La peigneuse Heilmann comprenait un organe alimentaire, un appareil d'arrachage chargé à la fois de fractionner le ruban et de réunir les mèches peignées, un tambour peigneur pour le peignage des têtes, un peigne plat pour le peignage des queues. Voici en deux mots le rôle de ces organes. L'appareil alimentaire, auquel arrivait la matière déjà nettoyée par un cardage ou un démêlage préalable, poussait successivement et par intervalles égaux une nappe de filaments à peigner. Saisie par une double mâchoire, cette nappe présentait sa pointe d'abord au tambour peigneur, puis à une paire de cylindres arracheurs; ces cylindres s'approchaient et s'éloignaient alternativement de l'appareil alimentaire; leur mouvement de recul entraînait une mèche de filaments à travers le peigne plat à mouvement de va-et-vient, qui débarrassait le bout postérieur de la mèche de ses boutons et de ses impuretés. Après l'arrachage, une nouvelle

tête restait pendante en avant de l'appareil alimentaire; la queue de la précédente mèche pendait également en arrière des cylindres étireurs, de telle façon que le tambour peigneur pouvait, si la queue était longue, venir, dans son mouvement de rotation, repasser cette queue après avoir peigné la tête et en avoir séparé les filaments courts ainsi que les boutons; ceux-ci étaient ensuite enlevés du tambour par une brosse et une carde cylindriques. Chaque tête de mèche extraite était en outre rattachée à la queue de la précédente, par suite du mouvement d'approche des cylindres arracheurs; le laminage produit entre ces cylindres soudait les filaments pour reformer un ruban continu, que la machine délivrait régulièrement.

Perfectionnées et rendues éminemment pratiques par Schlumberger de Guebwiller, les dispositions de la peigneuse Heilmann n'étaient pas moins remarquables que l'idée qui leur avait servi de base. Les principes sur lesquels elle était fondée ont pu s'appliquer avec le même succès à presque toutes les substances filamenteuses, sauf quelques modifications dans certaines parties de la machine et spécialement dans ses dimensions, selon la longueur des filaments. L'industrie de la laine peignée mérinos a fait, la première, usage de l'invention Heilmann en France; celles du coton, des laines longues et des étoupes ont suivi.

Cette faculté nouvelle de travailler avec une égale perfection, non seulement les matières qu'il était d'usage de peigner, mais aussi les cotons fins, les fibrilles plus courtes jusqu'alors réservées à l'action de la carde et souvent mélangées à toutes sortes d'impuretés, eut des conséquences extrêmement heureuses pour l'industrie de la filature; elle lui permit d'employer aux numéros fins des matières de grande finesse, que l'inégalité de leurs filaments ou l'énorme quantité de leurs boutons semblaient y rendre tout à fait impropres, et de produire des fils de laine ou de coton d'une propreté et d'une régularité extraordinaires. La possibilité de peigner les filaments moyens comme les filaments longs, d'appliquer par suite un même traitement très efficace à des substances diverses, qui nécessitaient auparavant des préparations variées et multiples, ouvrit aux filatures une voie inattendue; les opérations se trouvaient parfois compliquées, mais si judicieusement que c'était au grand avantage de l'économie et de la perfection des produits.

8. *Progrès du matériel pendant la seconde moitié du XIXe siècle.* — La grande épreuve de l'Exposition universelle internationale de 1855 fut un triomphe pour la peigneuse Heilmann, dont la maison Schlumberger et Cie exposait des types à coton, à étoupes et à laine[1]; le jury y vit «le progrès le plus considérable réalisé en Europe dans la filature des substances filamenteuses, depuis la découverte faite, en «1810, par Philippe de Girard, de la filature du lin».

À côté de l'invention capitale due à Josué Heilmann, l'Exposition de 1855 mit en lumière d'autres progrès sensibles dans les diverses branches de la filature mécanique.

La construction des machines de préparation s'améliorait; on reprenait ardemment les questions déjà anciennes de l'aiguisage des garnitures de carde et du débourrage automatique des chapeaux : toutes les cardes exposées étaient munies de mécanismes débourreurs, bien que le débourrage à la main continuât à se maintenir dans un grand nombre de manufactures et que la première débourreuse vraiment pratique, celle de Dannery (1844), eût pénétré fort lentement dans les filatures. Des perfectionnements notables apparaissaient, pour les assortiments servant à convertir le voile de laine cardée en rubans continus, exactement fractionnés et condensés sans torsion sensible. Les *machines à échardonner,* d'invention assez récente, se répandaient de plus en plus et permettaient d'extraire économiquement les chardons ou autres corps étrangers faisant obstacle à l'emploi de la plupart des laines communes, telles que celles du Levant, du Cap et de l'Amérique du Sud.

Une nouvelle machine de préparation, l'*épurateur Risler,* répondait au besoin de ménager davantage les fibres du coton lors des premiers traitements. Cet épurateur avait pour but de remplacer en tout ou en partie, dans la préparation du coton, les batteurs finisseurs et les cardes en gros, appareils qui (les premiers surtout) pouvaient fatiguer

[1] Un modèle de peigneuse pour la laine avait déjà été présenté à l'Exposition de 1849, sans y être toutefois remarqué malgré sa haute valeur. Cette peigneuse ne fut même pas exposée à Londres en 1851; mais on vit figurer au Palais de cristal la machine Donisthorpe et Lister pour laine longue, qui, tout en différant de la peigneuse Heilmann par les moyens d'exécution mécanique, avait avec elle une analogie de principe si manifeste, que le jugement d'un tribunal anglais la déclara contrefaçon.

la matière par leurs chocs répétés, tout en absorbant une grande quantité de force motrice. Il nettoyait les filaments sous l'action de la force centrifuge et leur faisait en outre subir un commencement de cardage, grâce aux dents de carde et aux aiguilles dont était garni un gros tambour, tournant devant un grand nombre d'organes alimentaires et déchargeurs.

Le métier *mule-jenny self-acting* continuait à se propager, notamment en Angleterre, où l'usage en était devenu à peu près général; il supprimait un ouvrier principal pour 500 broches et le remplaçait par la force d'un cheval dynamique. En France, le prix élevé des machines et du combustible retardait la diffusion de ce métier, qui ne put s'y généraliser avant le jour où sa perfection, le nombre de ses broches et leur vitesse furent suffisants pour procurer à nos manufacturiers une économie sérieuse sur le métier à la main.

À cette époque, les métiers automates ne comptaient pas plus de 500 broches. Mais l'accroissement de solidité des pièces d'appui, la légèreté plus grande des pièces mobiles, la plus complète harmonie des proportions, ainsi que tous les détails de construction, dénotaient un art sorti de la période des tâtonnements, en possession de lois précises et d'un outillage opérant avec une extrême régularité. Ces métiers filaient le coton jusqu'au n° 60; la finesse des fils de laine atteignait 180,000 mètres au kilogramme (240,000 mètres exceptionnellement).

Chez nous, on se préoccupait d'alléger, de faciliter et de régulariser le maniement de la mule-jenny, plutôt que de l'automatiser entièrement, surtout pour la filature des numéros élevés du coton et pour celle de la laine cardée. Les perfectionnements introduits, principalement par Mercier, de Louviers, dans la filature rebelle de ce genre de laine, en vue de l'assujettir à une régularité et à une précision mathématiques, mettaient nos filés en situation de ne craindre aucune rivalité. Déjà l'Exposition de 1851 avait donné la preuve des améliorations reçues par la mule-jenny à une seule paire de cylindres pour laine cardée; celle de 1855 confirma les résultats acquis.

Quant au métier continu, il avait été aussi l'objet de persévérantes recherches. Vimont, de Vire, était parvenu à le rendre propre au tra-

vail de la laine cardée, en disposant, d'une part, entre les deux paires de cylindres des tubes tordeurs, et, d'autre part, entre ces tubes et la seconde paire de cylindres, une roue à palettes dont le contact intermittent venait régulariser la tension du fil, tandis qu'une règle d'appui transversale facilitait l'étirage.

En 1867, l'invention de systèmes plus simples et plus précis avait fait passer définitivement dans la pratique le débourrage automatique, si favorable à la qualité des préparations, à la durée des appareils et à la santé des ouvriers. On voyait pour la première fois le système de Platt et d'Evan Leigh, réunissant les chapeaux de carde par deux chaînes sans fin, de sorte qu'une partie seulement présentât ses dents à l'action du tambour cardeur, alors que le reste des chapeaux s'offrait à l'action d'un cylindre débourreur tournant d'un mouvement continu et à celle d'un appareil aiguiseur qui fonctionnait par intermittences.

Les organes alimentaires des cardes avaient été heureusement modifiés et rendus plus efficaces, spécialement dans les appareils à coton, où l'on arrivait à livrer les fibres beaucoup plus près du tambour cardeur. Pour les cardes à laine, l'alimentation était devenue entièrement automatique, grâce à la chargeuse Bolette; les appareils de sortie avaient reçu aussi des modifications : au lieu de garnir le dernier cylindre de la carde finisseuse de bagues en cuir à dents de carde, en nombre égal à celui des boudins devant être fournis au métier à filer, on avait imaginé de recouvrir ce cylindre d'un ruban de carde continu et d'opérer la division du voile cardé en boudins par des lames d'acier ou des lanières de cuir s'entre-croisant.

Ce n'étaient pas d'ailleurs les seuls perfectionnements à signaler dans la préparation de la laine courte. Des machines intermédiaires avaient été créées pour faire les doublages indispensables à la régularité des rubans; le système Apperley permettait d'alimenter la seconde carde de l'assortiment avec le ruban indéfini sorti de la première, puis de fournir de même le ruban de la seconde carde à la troisième. Enfin on signalait la substitution récente et à peu près générale des moyens mécaniques aux manipulations pour le lavage

des laines, et l'apparition de divers appareils donnant le moyen de les graisser automatiquement avant le cardage.

Le peignage était en progrès sensible et ses applications se propageaient. Déjà remarquables par leur bonne exécution et leur fonctionnement précis, les premières peigneuses dérivées du principe Heilmann avaient subi des changements de détail qui en augmentaient le rendement sans préjudice pour la qualité du produit. D'autres peigneuses se trouvaient complètement modifiées dans leurs dispositions générales, le volume de leurs organes, leurs transmissions de mouvement : témoin la peigneuse Noble pour la laine, du type dit *circulaire*, dont l'origine remontait à 1850 et où toutes les opérations étaient continues.

En ce qui concernait plus particulièrement le coton, on remarquait une tendance à compléter par le peignage le travail imparfait du cardage : les deux établissements de construction les plus importants de France et d'Angleterre entraient résolument dans cette voie, en exposant des machines à peigner le coton pour tous les numéros.

L'Exposition de 1867 témoignait d'une grande somme d'efforts et de moyens ingénieux, appliqués au perfectionnement des deux types principaux de métiers à filer, le métier mule-jenny automatique et le métier continu. Réservé exclusivement au coton pendant de longues années, le métier mule-jenny automatique avait été adopté dans la plupart des grandes manufactures qui travaillaient la laine cardée ou peignée. L'augmentation du nombre des broches du self-acting, l'accroissement de leur vitesse plus que doublée en trente-cinq ans, la régularisation des mouvements de commande pour éviter les chocs et les oscillations, le réglage par des dispositifs simples permettant de filer sur le même métier les fibres courtes comme les fibres longues, les numéros élevés comme les numéros bas, d'autres perfectionnements encore déterminaient un relèvement sensible de la production, en même temps qu'une réduction dans le nombre des ouvriers et dans la proportion des déchets. Par suite de ces progrès, joints aux améliorations des appareils moteurs, le rendement journalier de la broche en France s'était élevé de 35 à 65 ou 70 grammes de fil de

IMPRIMERIE NATIONALE.

coton, pendant la période de 1830 à 1867; le prix de façon avait, d'ailleurs, baissé de 2 fr. 45 à 0 fr. 90 par kilogramme.

À cette époque, la mule-jenny ordinaire, où le fileur produisait à la main la rentrée du chariot et qui n'exigeait qu'un ouvrier et deux enfants par 1,000 broches, servait encore seule à la fabrication des fils fins; ni le self-acting ni le continu ne pouvaient lutter avantageusement avec elle sous le rapport de l'exécution du produit, dès que la finesse dépassait les nos 50 à 60.

Le continu entièrement automate comme le self-acting, quoique perdant du terrain devant ce dernier, n'en était pas moins en voie de progrès; sous l'influence des efforts accomplis par les constructeurs français, le rendement des broches avait augmenté, leur vitesse était passée de 2,000 à 6,000 tours. Platt présentait le continu à anneau, qui faisait alors sa première apparition en Europe.

Parmi les progrès révélés par l'Exposition de 1878 dans les opérations préparatoires, le plus réel était certainement le réglage de mieux en mieux approprié des machines suivant les matières qu'elles avaient à travailler.

Une tendance générale se manifestait à adapter le matériel au travail des numéros fins de coton. Les ralentissements de vitesse successivement apportés dans ce cas aux organes, depuis 1867, étaient évalués pour le moins au sixième des vitesses antérieurement admises; les batteurs, par exemple, ne marchaient plus qu'à 1,000 tours, parfois à 900, au lieu de 1,200 et davantage. Dans le même ordre d'idées, on avait cherché à réduire la brutalité des volants en substituant aux battes rigides des pièces articulées imitant l'action élastique du fléau (volant à fléaux de Dobson et Barlow).

Le peignage étendait de plus en plus son domaine sur toutes les branches de la filature : chaque jour, l'action progressive et régulatrice du peigne semblait s'imposer davantage et limiter le rôle de la carde aux démêlages et surtout aux préparations relativement sommaires des fils destinés au feutrage, pour lesquels le parallélisme absolu des fibres constituerait un défaut.

Une machine nouvelle, la peigneuse Imbs, venait de réaliser pour

les filaments courts du coton les avantages obtenus par le peignage des fibres longues. Les peigneuses pour filaments longs de coton avaient reçu des perfectionnements, qui se traduisaient par un accroissement de vitesse et de production : le nombre de tours était passé de 55 ou 60 à 70; la production d'une machine à six têtes s'élevait moyennement à 18 kilogrammes de rubans en 12 heures. MM. Pierrard-Parpaite et fils, et M. Meunier venaient d'améliorer la peigneuse à laine Heilmann, en se préoccupant d'assurer la complète utilisation du peigne nacteur; dans la peigneuse Little et Eastwood, le dédoublement et les proportions des têtes d'alimentation, des séries de pinces d'arrachement, des appareils de sortie, portaient le rendement journalier à 80 kilogrammes de laine moyenne mérinos, mais en produits inférieurs à ceux du type Heilmann.

Toutes les machines que je viens de citer sont basées sur les principes d'Heilmann : alimentation intermittente, fractionnement du ruban alimentaire et soudure des mèches peignées pour en faire un nouveau ruban. Dès 1851, Hübner avait réalisé une machine différente, du type circulaire, à fonctions continues et à grande production, qui servait au peignage du coton. Cette peigneuse offrait l'avantage d'extraire très régulièrement les fibres au fur et à mesure de l'épuration, et de fournir, par suite, un ruban très échelonné. Son usage, d'abord limité aux filaments relativement courts du coton fin, s'était étendu, en 1878, à des filaments de plus de longueur, notamment aux déchets de bourre de soie; un nouveau modèle, à extraction verticale, s'appliquait aux laines mérinos.

Quant au peignage du lin, qui, vers 1855, se trouvait dans un véritable état d'infériorité par rapport à celui de la laine et du coton, il paraissait en état de progrès. Après avoir essayé un grand nombre de systèmes divers, on était revenu à l'emploi de nappes peigneuses sans fin, agissant des deux côtés à la fois sur la filasse suspendue dans des pinces mobiles. Mais, au lieu de placer verticalement ces nappes en les tendant sur des rouleaux volumineux d'égal diamètre, on ne maintenait dans cette position que la partie des nappes agissant sur le lin et l'on faisait les tendeurs supérieurs de très faible diamètre, pour précipiter l'évolution des peignes et piquer perpendiculairement,

selon la méthode originelle de Philippe de Girard. Les inventeurs ne se préoccupaient plus désormais que de pousser au plus haut point possible, dans ce type de peigneuse, la régularité du peignage, sa graduation, la rapidité du travail et l'économie de la main-d'œuvre. Parmi les innovations visant ce dernier objet, le rapport du jury de 1878 signalait la disposition due à MM. Fairbairn, Kennedy et Naylor : cette disposition consistait à accoupler deux peigneuses identiques et à effectuer entre elles le retournement automatique des poignées de filasse.

À la suite du peignage, les poignées de filasse étaient généralement repassées à la main et triées, puis étendues sur les cuirs sans fin de l'étaleur : la *repasseuse-étaleuse* Masurel exécutait simultanément les deux opérations, au grand avantage de l'uniformité des rubans de préparation, ainsi que de l'économie de main-d'œuvre.

Enfin de nouvelles peigneuses venaient contribuer à l'utilisation de plus en plus pratique des déchets de soie. Le travail de la bourre de soie, qui n'existait pas avant 1817 comme industrie manufacturière et qui était resté très dispendieux jusqu'au milieu du siècle, avait été heureusement transformé par la peigneuse Quinson et par le *dressing-machine* anglais, moins avantageux qu'elle. En 1878, ce travail s'effectuait, partie à l'aide de métiers analogues à ceux de la laine et du lin, partie au moyen de machines spéciales, parmi lesquelles on remarquait comme nouveauté la *peigneuse circulaire* Brenier, perfectionnement du système Quinson.

À l'égard du filage, la lutte entre les métiers mule-jenny renvideur et continu était plus vive que jamais. Pendant longtemps, les deux systèmes avaient paru avoir chacun leur domaine exclusif, être réservés à des fibres de nature différente. Le continu, qui saisit et assemble les filaments par la torsion complète au fur et à mesure de l'étirage, ne servait d'abord qu'aux transformations des brins lisses, tels que ceux du lin, du chanvre, de la bourre de soie et de certaines laines longues. En 1878, cette distinction était moins absolue, et l'industrie drapière belge utilisait le continu avec succès pour filer des mélanges de laines courtes et de déchets.

L'ailette, en exagérant les vibrations de la broche, oblige à un

ralentissement qui neutralise une partie des avantages de la continuité. Des vitesses bien plus considérables peuvent être atteintes par la substitution à cette ailette d'une bague fixe concentrique à la broche. Après s'être laissé devancer par les Américains qui poursuivaient cette modification depuis de longues années, les constructeurs européens avaient repris l'étude de la *broche à anneau,* pour en assurer la stabilité et la lubrification. Ils étaient ainsi parvenus, en 1878, à porter la vitesse des métiers à coton de 3,000 et 4,000 tours à 6,000, 7,000 et même 7,500, sans supplément de force motrice. Pour tous les dispositifs, le principe du continu à anneau restait invariable : la broche tournait au centre d'une bague fixe, dont le bord supérieur arrondi servait de glissière à l'anneau guide-fil; sous l'action de la résistance à l'entraînement opposée par l'anneau, il se produisait entre cet anneau et la broche une différence de vitesse déterminant l'envidage. Vimont exposait un des curseurs-traverses imaginés à l'époque dans plusieurs pays, pour diminuer cette résistance pendant la période correspondant aux petits diamètres d'envidage.

On constatait aussi une augmentation de la vitesse des métiers self-acting; cette vitesse, dans l'industrie cotonnière, allait à 6,200 tours pour les métiers en gros, à 6,800 et 7,500 tours pour les métiers en fin.

Dans la filature de la laine cardée, la mule-jenny renvideuse ou demi-renvideuse, peu à peu employée, commençait à rencontrer une concurrence assez sérieuse de la part du continu à anneau, système Vimont.

Les machines de filature exposées en 1889 présentaient surtout des progrès sensibles dans les opérations préparatoires et dans les opérations finales. Sauf la réapparition du rota-frotteur à coton, perfectionné et transformé en banc d'affinage système Imbs, les préparations intermédiaires paraissaient être restées stationnaires.

Des améliorations se manifestaient dans le battage du coton : la matière pouvait désormais circuler dans un ensemble d'appareils clos, les batteurs et l'ouvreuse étant réunis au moyen de conduites où le coton était attiré par une ventilation puissante.

Grâce à l'application de divers systèmes rigoureux pour le réglage à proximité infinitésimale des chapeaux et du tambour, les *cardes à chapeaux, à chaîne sans fin,* présentées pour la première fois en 1867 par la maison Platt, d'Oldham, étaient devenues complètement pratiques.

Aux changements apportés depuis 1878 à la peigneuse Imbs et marquant un progrès notable, se joignaient les nouveaux perfectionnements de la peigneuse Hübner, plus simple que la peigneuse Heilmann, pour les cotons longues soies.

Dans la préparation de la laine, les procédés mécaniques d'échardonnage, délaissés pendant quelque temps au profit des méthodes chimiques, avaient reconquis la faveur des manufacturiers : les machines récentes agissaient par broyage entre des rouleaux calculés de manière à livrer passage aux mèches sans les froisser.

Les cardes à laine de la Belgique se faisaient surtout remarquer par la largeur des surfaces de travail et par l'amélioration réalisée dans le fonctionnement automatique des appareils chargeurs et nappeurs, ainsi que des appareils à lames ou lanières diviseuses de la carde fileuse.

Pour la laine peignée, on cherchait à ensimer la matière en même temps qu'on lui faisait subir un premier cardage, au moyen d'appareils à graissage automatique, munis d'échardonneuses qui ouvraient les filaments et les disposaient sous forme de nappe continue. Quant aux machines à peigner, si leur ensemble révélait un progrès général, elles ne présentaient aucune invention vraiment nouvelle.

Depuis 1878, la mule-jenny automatique avait encore reçu des perfectionnements de détail, ayant surtout pour objet la douceur des mouvements ainsi que la solidité et la simplification du mécanisme. Son rendement s'était notablement accru et atteignait presque celui du continu à anneau, marchant à 7,000 ou 7,500 tours : on était arrivé à ce résultat par la réduction au minimum du temps perdu pour le renvidage et par une augmentation de la vitesse des broches, qui avait été portée de 7,500 à 10,000 et 11,000 tours et qui semblait parvenue à sa limite extrême. Une vitesse si énorme avait nécessité, outre des dispositions spéciales en vue d'éviter les vibrations et

l'échauffement des broches, diverses modifications dans toutes les parties du métier.

Le continu à anneau tendait de plus en plus à remplacer le continu à ailettes, sauf pour la filature du lin et du chanvre. Il avait des broches à gros corps si bien étudiées, qu'elles tournaient à 11,000 et 12,000 tours; mais ces broches paraissaient pouvoir être remplacées par celles du modèle léger et effilé de la mule-jenny : les recherches entreprises et poursuivies depuis plus de quinze ans, afin d'approprier le continu à la production de la canette si commode du self-acting, semblaient enfin aboutir à des moyens tout à fait pratiques d'envider le fil par couches coniques superposées sur une broche mince et nue.

Une impression dominante s'est dégagée de l'Exposition universelle de 1900 : partout, les efforts des manufacturiers et des constructeurs se concentrent sur l'abaissement des prix de revient par la diminution incessante de la main-d'œuvre humaine, par une meilleure utilisation des matières premières et par l'emploi de celles que leur qualité inférieure faisait jadis écarter.

La carde reste la machine préparatoire fondamentale pour le coton, les laines usuelles, les bas déchets de soie, les étoupes de lin, etc. Aussi une grande importance s'attache-t-elle à la fabrication des garnitures de carde, qui, d'ailleurs, ont leur débouché non seulement dans l'outillage de la filature, mais encore dans les machines dites *laineries* (apprêt à poil de tissus divers). Cette fabrication se fait automatiquement et avec beaucoup de précision. Le fil d'acier a définitivement remplacé le fil de fer; à côté du procédé Ashworths d'aiguisage latéral, sont nées d'autres méthodes de formation des dents.

Pour la préparation du coton, les faits essentiels de la fin du siècle sont l'automatisation plus caractérisée du battage et la généralisation de l'emploi des cardes à chapeaux-chaînés. Ces cardes très productives fournissent économiquement un travail quelque peu brutal, mais néanmoins assez soigné; elles ont éliminé, en ce qui concerne les produits mi-fins, le double cardage et, au moins temporairement, le peignage.

Le progrès de l'outillage pour la laine cardée porte principalement sur la constitution des machines à carder, qui sont ici les seules machines préparatoires employées entre les appareils de premier dégrossissement et les métiers à filer. À côté des cardes briseuse, repasseuse et finisseuse du type classique à un tambour et un peigneur, on voyait à l'Exposition de 1900 d'autres modèles intéressants. Une machine dégrossisseuse spéciale aux toisons longues et feutrées mérite d'être signalée.

Des études incessantes se poursuivent en vue d'accroître la production et de régulariser le travail des peigneuses utilisées par l'industrie déjà si parfaite de la laine peignée; ces études englobent les peigneuses dérivées de l'invention d'Heilmann et les peigneuses circulaires, dont la machine Noble reste le prototype. Les constructeurs s'efforcent de faciliter dans les étirages régulateurs le mariage et la fusion intime des fibres les plus inégales, d'éviter ainsi l'élimination des brins très courts et d'améliorer le traitement des mélanges, comme celui du peigné de coton Jumel avec le peigné de laine.

Il n'y a pour ainsi dire pas de transformation nouvelle dans le matériel de filature du lin, du chanvre et des autres grandes fibres végétales.

La brillante industrie du travail mécanique des déchets de soie, née en Suisse et aujourd'hui si développée en Angleterre, en Allemagne, en France, en Italie, n'a rien montré de son matériel à l'Exposition de 1900. Seule, la transformation des bourrettes était représentée par une peigneuse analogue à celles de la filature du coton ou de la laine; l'organe caractéristique de cet appareil consistait en un conduit à obstruction, dans lequel le ruban s'accumulait en plis serrés pour tomber par intermittences dans le pot récepteur et qui avait pour but d'obvier à l'électrisation de ce ruban.

Grâce à ces perfectionnements successifs et au graissage continu indiqué par Vimont, le métier continu à anneau a considérablement étendu son champ d'action. Actuellement, les broches marchent pratiquement à 9,000 tours. Mais, à cette vitesse, elles chauffent et consomment près de 12 chevaux par mille broches : la broche est toujours tirée excentriquement du même côté par la corde motrice, tandis que

la résistance du fil excentré, entraînant le curseur sur son anneau, prend toutes les directions pour un tour; l'effort total subi par la broche passe par des valeurs sinusoïdales qui provoquent des vibrations. M. Imbs préconise le montage sur galets au collet, comme susceptible de permettre des vitesses beaucoup plus grandes avec une moindre consommation de force. Quoi qu'il en soit, dès maintenant, le continu à 9,000 tours donne une production dépassant celle du self-acting à 12,000 tours. Sa supériorité actuelle sur le continu à ailettes et sur le self-acting ne peut être contestée pour les fils qui proviennent de fibres grandes et moyennes en tous numéros ou de fibres courtes en gros et moyens numéros, quand ces fils se prêtent à une torsion suffisante; il convient particulièrement aux fils de chaîne. Hâtons-nous d'ajouter que la faible torsion des fils de trame était jusqu'ici motivée surtout par des considérations d'économie, qu'une torsion plus accusée s'impose pour les trames teintes en écheveaux, qu'elle est nécessaire avec les métiers à tisser pourvus d'un changement automatique de canettes. D'ailleurs, des modifications de l'anneau et du curseur ont récemment approprié le continu à la production de trames floches sur broche nue et de fils pour bonneterie.

Le continu à ailettes disparaît, même en lin, en schappe, etc., et ne subsiste plus guère que pour le chanvre. Une diminution s'est manifestée dans la part proportionnelle du self-acting. Cependant ce métier convient à tous les genres de fils, pour les fibres courtes ou moyennes. Son déclin tient à trois causes : sa complication, qui exige une main-d'œuvre intelligente et par suite coûteuse; son aptitude à la production de fils faibles et la suppression des garanties de résistance auxquelles l'acheteur attache un juste prix; l'emploi presque obligé de transmissions par cordes, sujettes aux influences atmosphériques et susceptibles d'occasionner des dérangements ou des irrégularités. Une branche de fabrication où il semble pouvoir se défendre et même gagner du terrain pendant un temps assez long encore est celle des numéros fins, notamment pour le coton : en effet, il atteint 12,000 tours avec une économie de 40 p. 100 sur le prix d'achat, par rapport au continu, et avec une bien moindre consommation de force; l'avantage lui restera à cet égard jusqu'à ce que

l'allégement et l'accélération du continu à anneau aient été réalisés. Les protagonistes du continu ne désespèrent pas, du reste, de compléter leur victoire. MM. Brooks et Doxey, de Manchester, exposaient en 1900 un continu à godet, avec bobine sur broche centrale folle, qui donnait à 9,000 tours une bonne chaîne 80 de coton Jumel, préparé en double mèche; les broches de ce métier étaient soumises à un frein ingénieux, dont l'action se trouvait réglée par le diamètre de l'enroulement.

Depuis longtemps déjà, l'électricité est apparue dans les filatures: les casse-mèches électriques arrêteurs ont fait leurs preuves. Son rôle, naguère très restreint, tend à s'élargir; elle commence à aborder les transmissions de mouvement. À l'Exposition de 1900 figurait un self-acting pour laine peignée, actionné par deux dynamos, l'une pour les broches, l'autre pour le char. Le même exposant proposait une intervention fort curieuse de l'électricité dans le continu à anneau, comme moyen de régulariser la tension du fil: un rhéostat à action automatique diminuait la vitesse de rotation des broches quand augmentait le diamètre d'envidage. Des emplois importants sont certainement réservés à l'énergie électrique dans les régions à chutes hydrauliques.

9. *Aperçu sur les opérations complémentaires de la filature.* — Dans cette revue sommaire des procédés et des appareils de la filature, j'ai, à dessein, négligé les opérations complémentaires qui ont pour but de parfaire le fil après sa sortie du métier, de le rendre définitivement propre aux usages de la couture ou du tissage, de le présenter à la clientèle sous la forme la plus convenable. Ces opérations sont multiples et variées; il suffira d'en donner ici quelques exemples.

Un apprêt extrêmement simple consiste à fixer le tors de certains fils par leur exposition à la vapeur d'eau.

Les fils de schappe ou de bourrettes subissent un raclage qui les débarrasse des innombrables boutons subsistant après le peignage. Des machines remarquables ont été créées à cet effet; la méthode indiquée par M. Imbs pour les fils fins a épargné une main-d'œuvre considérable.

Des doublages, de nouvelles torsions sans étirage s'imposent pour les fils à coudre et pour certains fils de chaîne. On les effectue,

partie à l'aide des métiers mule-jenny ou continu ordinaire, partie au moyen d'appareils spéciaux. Les machines spéciales se ressemblent le plus souvent dans les différentes branches de la filature et dérivent plus ou moins, soit du rouet primitif, soit de l'anneau américain. C'est principalement sur le réglage uniforme de la tension des fils et sur l'égale distribution de la torsion dans toute leur longueur qu'ont porté les perfectionnements successifs. Une très grande analogie existe entre les machines récentes et celles du moulinage de la soie : cela s'explique aisément, car, si les apprêts constituent une opération complémentaire dans la plupart des branches de la filature, leur fonction est, au contraire, fondamentale dans le travail de la soie, offerte par la nature sous une forme continue.

La mise en bobine du fil à coudre dispose depuis longtemps d'un appareil célèbre et merveilleux, celui de Wild. Fréquemment, le fil destiné aux emplois manuels doit se présenter sur des cartes étoilées, légères, peu coûteuses et prévenant bien les emmêlages auxquels expose la mise en pelote ; des machines ingénieuses, complètement automatiques, servent à faire l'encartage.

2. Filature de la soie. — Le cocon est une bobine naturelle qu'il suffit de ramollir pour en tirer le brin tout formé ; par suite, les opérations préliminaires se bornent à ramollir les cocons dans l'eau chaude et à en dévider plusieurs, dont les brins concourent à donner un fil grège offrant la résistance nécessaire aux emplois ultérieurs. Tout le travail correspondant aux préparations des autres substances textiles disparaît dans la filature de la soie ; les transformations s'effectuent exclusivement par des machines à dévider et à tordre. Bien que très simples en apparence, ces machines sont chargées de fonctions si délicates, eu égard à la finesse et au prix élevé de la matière première, que leur construction exige des soins extrêmes.

Au milieu du développement industriel de notre époque, les applications de la mécanique aux manipulations de la soie n'ont pas fait autant de progrès qu'on aurait pu le supposer ; le travail n'est point encore complètement automatique. Si parfaits qu'ils soient, les appareils à transformer la soie ne peuvent fournir de bons résultats sans

être conduits par des ouvrières habiles. Le vieil axiome de l'industrie sérigène, que «la fileuse est à peu près tout et l'instrument fort peu «de chose», garde un large crédit.

Une des plus anciennes machines à tirer la soie des cocons est le *tour du Piémont,* qui, vers 1850, était encore en usage dans quelques localités, avec de très légères modifications. En voici le principe et les dispositions essentielles. Les cocons à dévider étaient contenus dans une bassine à eau chaude; on dévidait simultanément le nombre de brins élémentaires voulu pour former deux fils grèges. Chacun des groupes de brins correspondant à un fil grège passait par une filière placée au-dessus de la bassine; la compression des brins pendant ce passage les réunissait grâce à la gomme visqueuse dont ils se trouvaient recouverts, les débarrassait au moins en partie du liquide surabondant et leur donnait une véritable adhérence. Les deux fils ainsi constitués recevaient une *croisure,* c'est-à-dire qu'ils étaient tordus plusieurs fois l'un autour de l'autre. Après la croisure, qui avait pour but d'accroître l'adhérence des brins entre eux et d'arrondir les fils, ceux-ci se séparaient, se bifurquaient et s'engageaient dans deux boucles métalliques en tire-bouchon ou *barbins,* fixées sur une tringle horizontale à mouvement alternatif. Ils allaient finalement s'enrouler en écheveau sur l'*asple* ou dévidoir, mû par une commande. L'enroulement devait être dirigé de sorte que le fil ne pût se superposer à lui-même avant d'avoir fait un nombre de tours suffisant pour permettre la dessiccation des premières spires: tel était l'objet du va-et-vient de la tringle, mouvement dérivé de celui du dévidoir au moyen d'engrenages et d'excentriques. Ce tirage double avec croisure constituait un progrès notable relativement aux tirages primitifs sur bobine, à un seul fil plat, humide et formé de brins sans liaison suffisante.

Si le tour piémontais ne jouissait pas de la propriété automatique et demandait la coopération de deux personnes (fileuse et flotteuse), il en était autrement des machines à mouliner, en usage de temps immémorial dans le Piémont. Ces machines reprenaient le fil grège préalablement purgé de ses nœuds, de ses doublures, de ses bourillons, par un dévidage à la main des écheveaux sur des bobines ou *roquets,* lui donnaient un premier tors ou apprêt, puis servaient de

même pour une seconde torsion en sens contraire des fils composés, obtenus par la réunion de deux, trois ou quatre fils élémentaires. Le *moulin du Piémont* comprenait une grande cage cylindrique à jour, dont l'axe était occupé par l'arbre moteur vertical. Souvent, cet arbre recevait son mouvement d'une roue hydraulique. Les bobines de fil à tordre étaient disposées circulairement sur plusieurs rangs en hauteur, chacune d'elles reposant à frottement dur sur la partie conique d'une broche verticale; au-dessus se trouvaient des chapeaux ou *coronelles,* munis d'une ailette en S avec deux guide-fils à ses extrémités: l'un placé au milieu de la hauteur de la bobine, où se déroulait le fil, et l'autre sur le prolongement de l'axe, où s'opérait la torsion. Une série de grosses bobines horizontales (roquelles) ou de guindres surmontaient chaque rangée de bobines ou fuseaux. L'arbre moteur transmettait le mouvement aux grosses bobines par un système d'engrenages et aux petites bobines par des bras pourvus à leur extrémité de segments circulaires ou *strafins,* qui venaient frotter alternativement contre des renflements arrondis ménagés à la base des broches verticales. Dans sa rotation rapide, à laquelle le chapeau porte-ailette n'obéissait que partiellement et par simple frottement, chaque fuseau abandonnait peu à peu son fil, attiré avec lenteur vers le haut par les bobines horizontales. Plus tard, les rangées horizontales de bobines furent munies de barres porte-barbins, dont le va-et-vient distribuait le fil en hélices sur le guindre ou la bobine. Dès lors, le moulin renfermait tous les organes essentiels reproduits et imités depuis dans les machines ayant un but analogue.

Le moulin piémontais, constitué en fait par deux machines à retordre distinctes, n'était point d'ailleurs la seule machine automate utilisée en Italie. On se servait aussi de *dévidoirs* mécaniques ou *tavelles.* Dans ces dévidoirs, chaque écheveau prenait place sur un asple léger tournant autour d'un arbre horizontal, dont un frein à poids réglait la vitesse. Les fils, légèrement tendus par ce frein pendant le dévidage, se rendaient des asples sur des roquelles horizontales, à travers des barbins de guidage; le mouvement de rotation était communiqué aux roquelles par des galets de friction formant une commande remarquable au point de vue de la douceur.

En France, on employait alors des moulins simples, ronds ou ovales, dérivés des moulins doubles du Piémont. Les moulins de premier apprêt étaient mus par des strafins, tandis que les fuseaux des moulins de second apprêt recevaient leur mouvement d'une courroie sans fin, qui embrassait en serpentant les parties renflées des broches.

Pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle, Vaucanson, consacrant les ressources de son génie à l'amélioration des moulins et des tours, avait imaginé et proposé divers dispositifs ingénieux. Mais ses idées ne s'étaient propagées que fort lentement et ses machines n'avaient pas eu le succès mérité par leur perfection relative. La voie des progrès réels s'ouvrit seulement le jour où l'emploi de la vapeur comme force motrice transforma les petits ateliers en véritables manufactures.

Recommandé par Gensoul en 1805, l'usage de la vapeur pour chauffer les bassines à tirer les cocons commença à se répandre en 1820. C'est également vers cette dernière date qu'eurent lieu les premières installations de force motrice par la vapeur en vue du travail de la soie grège.

Jusqu'à ce moment, on avait bien su éviter les défauts du *vitrage* ou de la *collure* des fils sur les asples des tours, soit à l'aide du va-et-vient distributeur, soit par un système de dessiccation ou de ventilation de ces fils; on était parvenu, au moyen de la simple ou de la double croisure, à doter le faisceau de brins élémentaires d'une bonne cohésion, sous l'apparence du fil unique; on avait réussi à régler invariablement la croisure la plus favorable aux différentes catégories de cocons. La croisure double donnait d'ailleurs un fil plus beau. Mais la difficulté principale résidait toujours dans les doublures ou *mariages* résultant de la rupture d'un des fils et de son enroulement sur l'autre, ainsi que dans la formation des *bouchons* et *bourillons*. C'est à ces inconvénients que les constructeurs de tours cherchèrent surtout un remède.

Rodier, de Nîmes, eut en 1824 l'heureuse pensée de placer la fileuse entre la bassine et l'asple, ce qui facilitait singulièrement la surveillance du travail et le rattachement des fils, et mettait à même d'éviter plus aisément les mariages. De tous les appareils purge-mariages ou coupe-mariages, inventés pour combattre l'effet des doublures, soit par

la section automatique du fil non rompu, soit par le rejet de ce fil hors de l'asple afin d'en arrêter le dévidage, l'un des plus employés, à cause de sa simplicité, fut celui de Chambon (1835): il consistait à faire passer les deux fils de soie, après une croisure à plusieurs tours, au travers de deux barbins éloignés entre eux de 0 m. 33, puis à rapprocher ces fils sur les barbins d'une pièce mobile qui, tenue en équilibre dans la position normale par leurs deux tensions opposées, basculait lors de la rupture d'un fil et permettait à l'autre de tomber hors de l'asple.

En vue de purger les fils des bouchons et bourillons, Lacombe et Barrois imaginèrent (1830) de placer sur leur chemin, après la croisure, un couple de baguettes de verre assez rapprochées pour arrêter tout renflement et rompre les fils irréguliers.

D'autres inventeurs s'attachaient à perfectionner le *filage à un bout,* imité des Italiens et exempt par lui-même de mariages. Dans le système dû à J.-A. Tastevin, d'Alais (1824), le fil se croisait après avoir passé sur une tavelle servant de poulie de renvoi, se séchait en circulant le long d'un tube sécheur et sur un tambour garni de drap, et allait immédiatement ensuite sur une bobine. Un autre système, inventé par Cournier, de Saint-Romans (1825), faisait croiser le fil unique par l'intermédiaire de deux tavelles très voisines.

Plus tard, Tastevin en France et Heathcoat en Angleterre s'occupèrent du *filage à quatre bouts,* qui semble avoir été chez nous d'un usage assez général vers 1836 et où l'on imitait, de loin à la vérité, le doublage des rubans de coton.

À partir de 1830, les tours à dévider, dont la plupart continuaient à être construits en bois et qui étaient rarement faits en fonte ou en fer, tendirent principalement à affranchir le filage de l'intervention de la flotteuse. Le travail fut accéléré et la vitesse de l'asple élevée à plus de 100 révolutions en une minute, grâce à des perfectionnements de détail dans les filières, les barbins, etc. On vit se poursuivre les tentatives ayant pour but d'éviter les mariages et d'opérer la purge des bourillons.

Vers 1845, la majeure partie des établissements du Midi de la France filaient à deux fils d'après le système dit *à la Chambon;* quel-

ques-uns filaient à la tavelle, suivant des méthodes plus ou moins analogues à celles de Tastevin et de ses imitateurs; le filage à un bout sur bobines ou à quatre bouts était fort peu répandu. La vitesse de tirage des cocons avait augmenté: elle atteignait 2 m. 50 par seconde, pour les tours à la mécanique.

Les nombreuses tentatives faites pour améliorer le mécanisme des moulins à doubler et à tordre la soie n'étaient point parvenues en 1836 à modifier très sensiblement les anciens modèles. Quelques inventions méritent néanmoins d'être citées. Chambon avait créé un mode spécial de conduite des bobines avec la vitesse variable appropriée à leur grossissement; il utilisait à cet effet le frottement d'un disque moteur garni de drap, sur lequel les bobines reposaient dans toute leur longueur en vertu de leur poids. Divers moyens venaient d'être proposés successivement par Christian (1828), Needham (1830), Coront (1832), Badnall (1832), pour doubler et tordre simultanément les fils de soie dans des appareils munis d'un casse-fil ou débrayage instantané en cas de rupture d'un fil.

D'après les travaux de la Commission française à l'Exposition universelle de 1851, le moulin généralement employé en France à cette époque était le moulin double en forme de ∞, construit en bois dans la plupart des cas et composé de deux moulins ovales se juxtaposant bout à bout, avec deux étages de broches et de roquelles ou de guindres. Les broches, munies de coronelles, tournaient sous l'action du frottement de courroies sans fin avec poulies de tension; l'arbre vertical des poulies motrices de ces courroies transmettait par engrenages le mouvement de l'arbre moteur principal aux roquelles ou aux guindres. On se servait, pour le premier apprêt, de *moulins à roquelles* distincts des *moulins à guindres* utilisés pour le second apprêt; ceux-ci étaient souvent pourvus de mécanismes compteurs.

Grâce au perfectionnement des commandes et à une distribution plus régulière de la tension des courroies motrices, la vitesse des broches avait été portée de 600 et 900 tours à 1,600 et 2,000. On assurait la constance du tors dans les moulins de second apprêt, en conduisant les roquelles par le frottement de la soie elle-même sur un

disque ou un cylindre moteur; quelques moulins de premier apprêt mettaient en œuvre un moyen plus sûr, mais plus complexe, emprunté aux bancs à broches.

Presque tous les tours et moulins du Piémont étaient établis suivant le système français, tandis qu'il existait encore une assez forte proportion de moulins ronds en Toscane, dans le Milanais, à Naples et en Sicile.

L'Angleterre s'était occupée, surtout de 1830 à 1838, d'améliorer et de réformer ses anciennes machines en bois copiées du Piémont: Lillie et Fairbairn, de Leeds, avaient substitué au bois le fer et la fonte dans les appareils à filer la soie, en se rapprochant le plus possible du mode de construction alors suivi pour les métiers continus à coton. Disposés symétriquement de chaque côté d'un bâti en fonte et sur deux étages, les bobines et les fuseaux étaient respectivement commandés par des engrenages et par des cordons sans fin. Si, dans ces moulins, la vitesse atteignait 3,000 et 4,000 tours, on les avait, pour réduire le coût d'établissement, privés des organes propres à assurer l'uniformité de l'enroulement et du tors, ainsi que des artifices mécaniques pouvant servir à corriger les inconvénients dus à la rigidité du système; pas plus au point de vue de la nouveauté des combinaisons que sous le rapport de la perfection des produits, les machines anglaises à ouvrer la soie n'étaient supérieures aux machines françaises.

Malgré les perfectionnements de Needham, malgré les ingénieux dispositifs de Neville (1838), malgré le métier de Guillini, signalé par le jury de l'Exposition de 1839 comme permettant, par une seule opération, de filer le cocon, de doubler et tordre la soie, et de former des capiures à tours comptés d'une admirable régularité, les tentatives entreprises, soit en France, soit en Angleterre, pour activer le moulinage des grèges, par la réalisation simultanée sur une même machine du premier tors, du doublage et du second tors, n'avaient point eu de succès durable. La complication et la délicatesse des organes, l'élévation du prix d'achat, les difficultés du maniement, l'infériorité des produits, tout empêchait ces appareils à fonctions multiples de se faire adopter dans la pratique.

Le filage direct sur bobine n'était même pas usuel. En effet, la

IMPRIMERIE NATIONALE.

gomme, nécessairement ramollie, qui entourait les fils, les faisait adhérer entre eux, en s'opposant à leur dévidage ultérieur, et des divers moyens proposés pour obtenir un séchage rapide, aucun ne semblait réellement satisfaisant.

En 1867, sauf quelques essais relatifs à des modifications de détail sans grande portée, les tours italiens et français à filer la soie n'offraient aucune disposition nouvelle; ils laissaient toujours une large part à l'ouvrière dans la régularité et la beauté des fils. Un procédé ingénieux de dégommage des cocons, basé sur la pénétration régulière des couches par l'action successive du vide et de l'eau chaude, avait été proposé; mais la pratique ne s'en était pas emparée.

Tout en dénotant une construction faite avec les soins que comportaient le progrès général de la mécanique, ainsi que la délicatesse et la valeur des fils, le matériel de moulinage, de renvidage, de doublage et de retordage, exposé dans les sections anglaise, suisse et française, se montrait, à part quelques points secondaires, identique au matériel que l'Angleterre construisait déjà vingt ans auparavant.

Aucune innovation de haut intérêt n'apparaissait à l'Exposition universelle de 1878.

Bien que le dévidage automatique eût fait, depuis 1876, l'objet de très sérieuses recherches aux États-Unis, il ne semblait pas, en 1889, qu'on fût encore arrivé à remplacer les doigts de la fileuse par des dispositifs mécaniques dans le dévidage de la soie grège. Les perfectionnements de l'outillage avaient eu spécialement pour but, en France surtout, d'améliorer et d'activer la production de l'ouvrière sans augmentation de fatigue. Dans cet ordre d'idées, on remarquait l'appareil jette-bouts de M. Camel, qui permettait à une ouvrière inexpérimentée de faire régulièrement et solidement la rattache d'un bout nouveau sur le fil grège.

Les appareils spéciaux de cuisson des cocons ne se répandaient pas. Mais il en était autrement des batteuses mécaniques, dont les premiers essais remontaient à 1839 (Durand) : ces batteuses prenaient une forme réellement pratique; la cuisson préalable s'opérait en quelques instants dans leur bassine.

Seul, le moulinage s'est montré à l'Exposition universelle de 1900, où figuraient un purgeoir et deux moulins à organsiner. Le purgeoir, établi sur les principes adoptés pour les bobinoirs de coton, avait des broches verticales restant à demeure, les bobines étant au contraire amovibles. Quant aux deux moulins, bien que fidèles aux types classiques, ils se signalaient par la perfection des détails; l'un d'eux, établi en France, marchait pratiquement à 9,000 tours de broche par minute. La section suisse comprenait une remarquable machine Wegmann à classer les soies d'après leur titre réel.

3. Corderie. — L'adoption des procédés mécaniques dans la corderie est de date récente. Il y a à peine vingt-cinq ans que s'est généralisé l'emploi des fileuses à fabriquer le fil élémentaire ou fil de caret, ainsi que des machines à réunir les fils de caret en torons et les torons en câbles, machines qui, sauf les dimensions, offrent une grande analogie avec les métiers à mouliner.

Bien des années se sont cependant écoulées depuis qu'a été entreprise l'étude de la fabrication mécanique des cordages et spécialement des câbles de marine. Les premières tentatives remontent au milieu du XVIIIe siècle. Mais les essais n'ont pris réellement corps, du moins pour les fils de caret, qu'à la suite des progrès réalisés par la filature du lin et du chanvre, notamment après la création des ingénieuses machines Decoster filant le chanvre à sec.

Parmi les établissements français qui inaugurèrent l'emploi d'appareils à câbler mus par la vapeur, il convient de mentionner celui de Merlié-Lefèvre, d'Ingouville. Une médaille d'or fut décernée à cet industriel par le jury de l'Exposition de 1849, pour l'ensemble de sa fabrication mécanique des cordages : son appareil à câbler exigeait encore le secours de trois hommes.

En 1855, le rapporteur du jury constatait avec regret le peu de développement des procédés mécaniques dans cette branche d'industrie. Presque tous les cordages exposés en 1867 étaient encore produits à la main. Il faut arriver à 1878 pour voir la transformation se dessiner nettement et pour constater les véritables origines du mouvement qui allait ensuite s'accuser avec tant de force, sous

l'influence dominante de l'américain Good et des constructeurs anglais.

Les nombreuses recherches poursuivies en vue de fabriquer mécaniquement le fil de caret avaient enfin abouti à un appareil pratique, la fileuse Lawson, qui, après un certain nombre d'étirages analogues à ceux du lin, faisait subir au ruban de filasse la torsion voulue sur des broches à ailettes de grandes dimensions, au lieu des pots tournants jusqu'alors en usage. Dans cette fileuse, le ruban amené par une toile alimentaire sans fin garnie de dents traversait, avant de se rendre sur la bobine, un organe fort original, l'*entonnoir condenseur :* imitant le travail du fileur à la main, l'entonnoir accélérait spontanément, ralentissait ou même arrêtait entièrement la marche de l'appareil alimentaire, suivant la grosseur du ruban de préparation.

Néanmoins l'outillage mécanique pour le filage du fil de caret n'acquérait pas en France la même vogue qu'en Angleterre; peu de nos établissements comportaient la production importante nécessaire à l'installation et au fonctionnement économique d'un tel outillage; nous n'avions pas à cet égard les conditions favorables des grands ateliers britanniques. Bien qu'assez actives pour satisfaire aux exigences de la consommation nationale, la corderie et la ficellerie françaises reculaient devant des dépenses que n'appelait point le chiffre de cette consommation; la multiplicité et la variété des produits constituaient d'ailleurs des obstacles à l'utilisation des machines.

Des motifs semblables s'étaient opposés à la généralisation du câblage automatique. Sauf d'assez rares exceptions, les appareils servant à l'ourdissage et à l'assemblage des fils de caret, puis au câblage des torons entre eux, continuaient à n'être que partiellement mécaniques.

Il y a lieu, du reste, de remarquer qu'en France le prix élevé des machines et de la force motrice concourait à permettre la lutte de la corderie à bras contre la corderie mécanique, tandis qu'en Angleterre la cherté de la main-d'œuvre et le bon marché relatif du charbon faisaient à cette dernière une situation bien plus avantageuse.

Enfin le préjugé s'était longtemps refusé chez nous à admettre que le travail de la machine pût équivaloir à celui d'un cordier expérimenté, au point de vue de la qualité des produits. Pour convaincre

et décider nos fabricants, il a fallu toute la perfection des machines anglaises, qui, entre les mains d'un bon praticien, règlent presque mathématiquement les tensions et le degré de torsion voulu, fournissent des mélanges bien homogènes, donnent aux câbles le maximum de force et assurent la régularité de la fabrication, mérite essentiel et capital dans cette industrie spéciale. À la suite d'expériences comparatives, notre marine militaire a enfin adopté les câbles fabriqués automatiquement et n'en emploie plus d'autres.

D'ingénieuses machines effectuent la mise en pelote de la ficelle.

4. Appareils d'épreuve et de vérification. Conditionnement. Ventilation, humidification. — Il est nécessaire, pour le contrôle du travail des manufactures, comme pour les transactions, de soumettre les fils à des épreuves et des vérifications fréquentes. L'une des opérations les plus essentielles consiste à titrer le fil, c'est-à-dire à constater le rapport entre le poids et la longueur d'un échantillon; elle se fait au moyen d'instruments très soignés, tels que dévidoirs échantillonneurs, romaines ordinaires, romaines micrométriques, balances de précision. On doit aussi se rendre compte de la résistance du fil à la rupture, de son élasticité, de sa régularité, de son degré de torsion, etc. : les appareils créés à cet effet (dynamomètres, torsiomètres, etc.) constituent tout un petit arsenal.

Le poids d'une matière textile varie suivant l'état hygrométrique de l'atmosphère et la faculté d'absorption de l'humidité par les fils atteint des limites élevées. Dès lors, les pesées laissent subsister une grande incertitude sur le poids utile que le vendeur livre à l'acheteur. Un haut intérêt s'attache donc aux établissements d'ordre scientifique et industriel institués sous la dénomination de «Conditions «publiques» pour la constatation officielle de ce poids ou du moins pour une constatation offrant toutes les garanties voulues d'exactitude et de sincérité. Les conditions publiques de France relèvent des chambres de commerce ou des municipalités; celles de l'étranger sont gérées tantôt par l'État, tantôt par des chambres de commerce, tantôt et plus généralement par des syndicats ou des sociétés. Au premier rang se place la condition de Lyon, véritable modèle; elle est admi-

nistrée par la Chambre de commerce. Ses opérations portent principalement sur la soie, mais s'étendent aussi à la laine et au coton. Pour effectuer le conditionnement, on dessèche d'une manière absolue les échantillons de fil dans des étuves chauffées par un calorifère ou par l'énergie électrique, à 120 degrés s'il s'agit de soie et à 100 ou 110 degrés s'il s'agit de laine ou de coton; puis on pèse ces échantillons, on en établit le poids unitaire et on le majore pour tenir compte de l'eau normale de constitution; en ce qui concerne la soie, la majoration est de 11 p. 100. Au service du conditionnement s'ajoutent celui du décreusage de la soie, celui des analyses chimiques de ce textile, un bureau public de titrage, un laboratoire d'études. Le décreusage a pour but de dépouiller la soie du grès (enveloppe extérieure) et des matières étrangères, afin de fixer l'industriel sur le déchet qui se produira à la teinture. Pendant les trois dernières années du siècle, le poids moyen annuel des soies conditionnées à Lyon a atteint 6,688,000 kilogrammes. De son côté, Milan a une condition publique très réputée, qui est même parvenue récemment à prendre une légère avance sur celle de Lyon, au point de vue du poids des soies conditionnées.

Presque tous les textiles exigent que la température et l'état hygrométrique des ateliers soient convenablement réglés dans les ateliers; le meilleur travail du coton, par exemple, se fait à 25-28 degrés du thermomètre et 70 degrés de l'hygromètre. D'autre part, l'hygiène du personnel exige un renouvellement périodique de l'air. Il existe des appareils perfectionnés pour satisfaire à ces conditions : calorifères, aérosaturateurs, humidificateurs à pulvérisation, ventilateurs, régulateurs automatiques consistant en thermomètres ou psychromètres qui agissent sur les valves du chauffage ou de l'humidification, etc.

5. Statistique commerciale. — La fabrication des machines de filature est fort peu développée en France, et nos manufacturiers sont obligés d'acheter une grande partie de leur matériel à l'étranger. C'est à peine si l'exportation atteint le dixième de l'importation.

Pendant les années 1898, 1899 et 1900, l'excédent moyen annuel de la valeur des entrées sur celle des sorties a dépassé 11 millions de francs. L'Angleterre et l'Allemagne sont nos principaux fournisseurs.

§ 2. MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA FABRICATION DES TISSUS.

1. Métiers pour tissus pleins. — 1. *Métiers simples à bras et métiers mécaniques pour tissus unis jusqu'au milieu du XIXe siècle.* — Les métiers en usage dans l'antiquité pour la fabrication des tissus comportaient, comme les nôtres, un bâti terminé à ses extrémités par deux rouleaux *ensouples,* entre lesquels était tendue horizontalement une *chaîne* ou rangée de fils parallèles; dans l'espace angulaire formé par le soulèvement et l'abaissement alternatifs d'une partie de ces fils, on chassait à la main la *navette* portant la trame. Un *peigne* ou *ros* à dents minces, de roseau, d'ivoire ou de métal, maintenait l'écartement des fils de chaîne et servait en outre, après chaque passage de la navette, à battre et à serrer le fil de trame au fond de l'angle où il venait d'être déroulé.

Il semble que les anciens aient aussi connu les *lisses* ou *lames,* dont les cordons verticaux, tendus entre deux règles horizontales, soutiennent en arrière du *battant* porte-peigne, par des boucles ou maillons, tous les fils de chaîne destinés à être simultanément abaissés ou élevés. Les bâtons *enverjures* placés en travers de la chaîne pour en diviser et en raidir les fils paraissent avoir été également employés. Enfin l'existence même des lisses suppose leur manœuvre par des procédés plus ou moins semblables à ceux de la pratique moderne et, dès lors, l'adaptation au métier, de *marches* ou leviers horizontaux foulés par le pied du tisserand et commandant les lisses au moyen de cordes, de contre-leviers, de poulies de renvoi.

Réduit à sa disposition la plus simple, ce métier fondamental comprenait toujours les éléments indispensables pour la fabrication des tissus à fils serrés, des étoffes *unies* ou même d'assez riches tissus *façonnés.* Il a reçu de bonne heure certaines additions nécessaires à son bon fonctionnement : chacune des ensouples a été armée d'un rochet à cliquet d'arrêt, permettant de déplacer de temps en temps la chaîne entière et de la mettre en tension dans ses positions successives; afin de s'opposer au tirage transversal produit par le fil de trame à chaque coup de navette, on a maintenu l'écartement des fils de rive

ou lisières à l'aide d'une règle extensible (*templet*), fixée par des pointes sur ces lisières et déplacée à mesure de l'avancement du tissu.

Autrefois, l'impulsion de la navette était donnée directement à la main. Vers 1738, l'anglais J. Kay imagina de la lancer par un mécanisme de *chasse-navette*, appliqué au battant et constitué de la manière suivante : le battant portait, à ses deux extrémités, des boîtes à coulisses où glissait un taquet en cuir; chaque taquet était fixé au bout d'une corde passant sur une poulie de renvoi qui faisait corps avec le battant; il suffisait de tirer sur l'autre bout de la corde pour mouvoir brusquement le taquet et chasser la navette. Cette innovation supprimait un tisserand sur deux dans le tissage des étoffes larges, des draps par exemple; néanmoins elle ne fut guère utilisée en Angleterre avant 1760 et ne se généralisa en France qu'aux premières années du XIXe siècle.

L'ancien métier à bras, qui n'a pas complètement disparu, laisse une marge fort grande à l'habileté du tisseur; la perfection du résultat dépend en majeure partie du degré de précision apporté par l'ouvrier aux deux opérations successives du foulage des marches, pour former l'angle de la chaîne, et du serrage de la *duite* au moyen du battant. Il faut que les marches soient exactement réglées et l'angle des fils de chaîne bien régulier, qu'il n'y ait pas d'erreur dans l'ordre des *foules*, que le choc du coup de battant serre uniformément la duite sur toute sa longueur, que le serrage reste le même pour chaque duite. On conçoit dès lors combien la substitution du travail mécanique au travail manuel a favorisé l'industrie du tissage, en y introduisant, outre ses avantages économiques, la rigueur d'action inhérente à la commande automatique.

Ce n'est point, toutefois, sans des difficultés extrêmes et de longs tâtonnements qu'on a réussi à automatiser les divers organes des métiers de tissage.

L'un des premiers essais de métier mécanique fut tenté, en 1678, par de Gennes, officier de la marine française. Vaucanson construisit plus tard un autre métier sur lequel il parvint, en 1745, à tisser des

étoffes de soie unies; son système de tension mérite d'être rappelé : avant de s'enrouler sur l'ensouple, l'étoffe passait sur un rouleau tendeur qui l'entraînait d'une façon indépendante du diamètre variable des ensouples et qui lui imprimait un mouvement continu devant le battant porte-peigne oscillant dans des limites fixes. Le principe de ce système et celui de la navette volante sont les bases essentielles du tissage mécanique.

En fait, le tissage mécanique ne naquit réellement qu'après l'invention des métiers à filer; à partir de ce moment, la production des fils, à peine suffisante auparavant pour alimenter le tissage à bras, prit un immense essor, et la fabrication des cotonnades dut nécessairement se développer, afin de marcher de pair avec le nouveau système de filature.

Aussi les premières tentatives de tissage mécanique en Angleterre suivirent-elles de près les inventions de Higgs, d'Hargreaves et d'Arkwright. Parmi les métiers automates alors imaginés, celui dont l'idée et le mécanisme se rapprochent le plus des systèmes récents paraît dû au révérend E. Cartwright. Les recherches du célèbre mécanicien datent de 1784; après s'être tout d'abord écarté des dispositions ordinaires du métier à bras, il y revint en 1787. Dans son dernier modèle, complètement établi en fer et fonte, les ensouples, les lisses, le templet et quelques accessoires se trouvaient identiquement disposés comme dans le métier à bras et remplissaient les mêmes fonctions; le châssis-battant, au lieu d'être suspendu vers le haut, reposait sur des tourillons et coussinets supportés par les traverses inférieures. L'action était transmise, non plus par le tisserand, mais par une courroie de commande, et cette modification en avait nécessité d'autres dans les relations mécaniques des organes et dans leurs transmissions de mouvement.

Ce fut seulement au début du XIXe siècle que les métiers automates purent être avantageusement employés au tissage des calicots unis, à la suite de perfectionnements apportés dans la réalisation de l'idée première par les plus habiles constructeurs de la Grande-Bretagne.

Dès lors, l'extension du tissage mécanique prit son essor, et les progrès se succédèrent à court intervalle, soit dans la construction

même des métiers, soit dans la manière d'ourdir la chaîne et de préparer la trame.

En tête de ces progrès se place, par sa date et jusqu'à un certain point par son importance, l'invention de la *machine à parer* de Thomas Johnson (1803). On apprêtait auparavant la chaîne sur le métier lui-même, au fur et à mesure qu'elle se déroulait de l'ensouple : cette opération laissait à désirer et entraînait une perte de temps considérable; il fallait un tisserand pour alimenter la marche intermittente de chaque métier mécanique. La machine de Thomas Johnson permit de placer la chaîne prête et bien encollée, de supprimer les interruptions dans le fonctionnement des appareils et de réduire notablement le personnel : une femme suffisait pour deux métiers tissant chacun trois à quatre fois autant d'étoffe que le plus habile tisserand à la main.

Depuis les essais de Cartwright, le métier a sans cesse exercé le génie inventif des constructeurs. Les premières machines, destinées au tissage mécanique des toiles de coton, ont été successivement appliquées aux autres textiles et à diverses armures simples, sans subir d'ailleurs des modifications essentielles; c'est principalement sur les dimensions, sur la force des organes et sur certains détails accessoires que portaient les changements exigés par la largeur, l'épaisseur et la constitution de l'étoffe. Quant aux machines à préparer les fils, à apprêter, elles variaient avec les caractères de la substance et les effets recherchés pour le tissu.

Il est difficile de constater dans le tissage des étapes comparables à celles de la filature. Du jour où l'industrie a adopté le tissage mécanique, les améliorations se sont suivies de près, représentant dans leur ensemble une somme considérable d'efforts et de résultats; aucune d'elles n'a amené la transformation radicale et subite du matériel. La plupart ont eu pour but l'accélération du mouvement, c'est-à-dire l'accroissement de production, qui constitue l'avantage le plus sérieux du travail automatique. Des soins tout particuliers ont été apportés au choix et à la combinaison des commandes, ainsi qu'à la parfaite harmonie des divers éléments de la machine; il y avait là une série de conditions aussi importantes que difficiles à remplir, et l'on n'est arrivé

que progressivement à de bonnes solutions, après des recherches et des tâtonnements prolongés. Le système général de construction en fer et fonte a d'ailleurs profité, à partir de 1820, des progrès de la métallurgie et de la diffusion des machines-outils.

Les commandes des lames ou plutôt des marches avec lesquelles elles communiquent, du battant et de la navette, ont été établies suivant des dispositions variées. Pour les lames, on s'est servi de bielles et de manivelles, ou bien d'excentriques montés sur un arbre secondaire. On a appliqué au battant les mêmes dispositifs de commande, montés sur l'arbre moteur; cette pièce a été établie de manière à frapper un ou deux coups à chaque duite, selon la force de l'étoffe; sa forme n'est même pas demeurée invariable, mais le plus souvent on a monté le peigne sur des leviers verticaux ou *épées*, tournant autour de tourillons inférieurs. Quant à la navette, consistant en une boîte solide avec becs en fer arrondis de façon à glisser sur les fils de la chaîne, on a eu recours, pour la lancer, au fouet ou détente brusque de leviers, soit verticaux, soit horizontaux, reliés aux taquets chasse-navette par des lanières de cuir; cette détente elle-même a été produite à l'aide de cames et d'excentriques.

Une des questions qui ont le plus exercé la sagacité des mécaniciens est celle du mode de tension de la chaîne, tension qu'il faut maintenir bien régulière pendant toute la durée du travail, malgré le changement de diamètre du cylindre dérouleur. Les simples poids et contre-poids manœuvrés à la main, généralement en usage, ont été souvent remplacés par des mécanismes recevant leur mouvement du métier lui-même et modifiant la tension d'après la grosseur des ensouples. Toutes les combinaisons successives de rouages dentés, de vis sans fin, etc., appliquées au régulateur de traction, rappellent les tentatives non moins remarquables faites en vue de régulariser le tors et l'enroulement des fils dans les bancs à broches; la plupart ont eu d'ailleurs pour point de départ le métier automate de Vaucanson. Quelque considérable qu'ait été le nombre des essais, aucun principe nouveau n'a prévalu sur ceux qui avaient servi de base au dispositif de notre illustre compatriote : dans ce dispositif, des rouleaux-freins intermédiaires tendaient l'étoffe entre la poitrinière et l'ensouple, et opposaient

en même temps un obstacle assez efficace au tirage transversal, sans endommager inutilement les lisières comme le font les templets armés de pointes, surtout pour les tissus clairs.

D'autres perfectionnements ont porté sur les moyens de régulariser la tension du fil et d'empêcher les effets du déroulement des canettes.

Les appareils de débrayage automatique, pour arrêter le métier en cas d'accident, ont donné lieu à de nombreuses inventions : on peut citer, par exemple, les *buttoirs* qui réduisent le battant à l'immobilité, quand une cause telle que la rupture d'un fil ne permet pas à la navette d'arriver au fond de sa boîte, et le casse-trame de l'anglais Bullough, qui débrayait brusquement le métier lorsque la trame cassait ou s'épuisait dans la navette (1840).

Divers organes délicats sont nés ainsi progressivement, pour former ensuite autant d'éléments constitutifs des métiers à tisser. Le concours de ces organes ingénieux, joint à la bonne exécution mécanique, valut aux métiers anglais leur supériorité hautement constatée lors des grandes assises internationales de 1851.

L'Angleterre nous avait, du reste, devancés de beaucoup dans la voie du tissage mécanique. Tandis que les métiers nouveaux s'étaient propagés dès le commencement du siècle dans les manufactures britanniques, l'industrie française ne leur a ouvert largement les portes de ses fabriques qu'à partir de 1820.

En deçà comme au delà de la Manche, le tissage automatique a débuté par les cotonnades : pour qu'il s'étendît aux autres tissus, la qualité des fils devait être avant tout améliorée et cette amélioration était liée aux progrès de la filature mécanique. La marche rapide des métiers automates et les brusques mouvements qui en résultent imposent en effet à la chaîne une fatigue assez notable : les fils peu résistants sont dès lors exposés à des ruptures fréquentes, qui se traduisent par des défectuosités dans le travail et par un accroissement du prix de revient. Si les fils de coton ont été les premiers tissés mécaniquement, ce fait tient à leur régularité, à leur élasticité, à la perfection de leur parage. Moins réguliers et plus difficiles à parer, les fils de laine, surtout de laine cardée, devaient nécessairement se montrer plus rebelles à la machine; la difficulté s'augmentait encore par suite de la

grande largeur généralement donnée aux lainages. Avant d'étendre le travail automatique à la laine, il fallait améliorer les fils; il fallait aussi réaliser une préparation très soignée de la chaîne.

Chez nous, les premières tentatives de tissage mécanique des étoffes rases en laine peignée ne remontent pas au delà de 1843, malgré les analogies que ce tissage présente avec celui des étoffes de coton. En 1847, un seul établissement français appliquait les métiers automates à la fabrication des mérinos; sous ce rapport, l'Angleterre et même la Belgique étaient plus avancées que la France.

Le travail à la main conservait les préférences des industriels pour les étoffes de soie, eu égard aux soins particuliers que nécessite l'exécution de ces étoffes et qui paraissaient difficilement compatibles avec la rapidité du tissage automatique. On ne citait en 1847 qu'une maison française fabriquant des soieries unies par les procédés mécaniques.

Vers cette époque, l'usage du métier automate restait donc limité aux cotonnades et aux toiles de lin ou de chanvre : encore celles-ci demeuraient-elles, pour une large part, dans le domaine du travail manuel.

2. *Métiers à la marche ou à la tire pour façonnés jusqu'au milieu du XIXe siècle.* — Le métier simple à lisses, seul envisagé jusqu'ici, ne permet de produire que des étoffes à combinaisons simples. Dès que le dessin exige, pour réaliser chaque effet, un nombre considérable de mouvements variés des fils de chaîne, les lisses se multiplient outre mesure, la complication du métier devient extrême, sa manœuvre est lente et pénible. On a, il est vrai, depuis l'invention de la mécanique Jacquard et par imitation de son mode d'action, ajouté aux métiers automatiques des mécanismes spéciaux faisant agir les lisses dans l'ordre voulu, au lieu et place des marches : ce sont les *mécaniques d'armures*, généralement formées d'un cylindre à cames ou à touches, qui, dans sa rotation continue, actionne des organes intermédiaires correspondant aux lisses, ou bien encore constituées par une série de plateaux à cames commandant ces mêmes lisses. Mais on ne peut réaliser avec les lames que des dessins formés de lignes droites assez longues; pour les figures à contours courbes, composées de points, de fleurs, d'ornements quel-

conques, l'action doit pouvoir s'exercer au besoin sur chacun des fils isolément, dans un ordre variable à chaque coup de trame.

En ce cas, les tisseurs ont eu recours, depuis des siècles, pour la fabrication des étoffes façonnées, même des damassés de lin ou de chanvre, au procédé direct de la *tire*, à peu près tel que les Chinois le pratiquaient, il y a des milliers d'années. Chaque fil de chaîne était porté par un maillon, à l'extrémité d'un fil vertical de suspension tendu par un petit poids. Partagés en groupes distincts correspondant aux abaissements ou soulèvements simultanés des fils de chaîne, les fils de suspension traversaient les ouvertures d'une planche horizontale dite *d'arcade*, pour converger vers la partie supérieure du bâti. Réunis à ce niveau par groupes de similaires et soutenus au moyen de nouveaux fils verticaux (*cordes de rame* ou *tires*), ils étaient soulevés alternativement dans l'ordre voulu par un ouvrier tireur, placé en haut du métier. Ce système n'excluait d'ailleurs nullement l'emploi d'un équipage de lisses et de marches, servant à exécuter le fond de l'étoffe, équipage qui simplifiait le plus souvent la fonction des tireurs.

Dès la fin du XVI[e] siècle, on vit les fabricants de Lyon faire usage d'une manœuvre déjà moins pénible. Les cordes de rame, ramenées horizontalement au moyen des poulies d'un *cassin*, venaient s'enrouler sur un treuil fixe et étaient reliées aux cordes d'un *semple* vertical; placé sur le côté du métier, le tireur soulevait les cordes de rame, en tirant de haut en bas les cordes de semple que désignaient des *embarbes* portées par ces cordes à diverses hauteurs. Cette dernière disposition ou *grande tire*, organisée en 1606 par Dangon, dans la fabrique lyonnaise, rendait la manœuvre des cordes de rame beaucoup plus rapide et plus sûre; un levier de manœuvre fort bien imaginé par Garon (1717) permit d'augmenter le nombre des faisceaux soulevés. L'exécution des plus grands dessins de façonnés se trouva ainsi singulièrement facilitée et en partie soustraite aux embarras, aux erreurs et à la fatigue résultant du tirage direct de plusieurs centaines de plombs, selon l'antique méthode chinoise.

D'autres recherches, également entreprises en vue de faciliter le tirage et d'accélérer le travail, avaient abouti, vers 1620 ou 1625, à l'emploi de boutons, réunissant toutes les cordes de tirage d'une duite

et disposés sous une planche à la portée du tireur, auquel un tableau indiquait l'ordre successif des mouvements. Mais la confusion des cordes n'en subsistait pas moins, et ce système, dit *petite tire,* ne fut largement pratiqué que pour les petits dessins. Il perdit de son intérêt quand l'usage des mécaniques de Ponson (1775) et de Verzier (1790), ne demandant qu'un seul tireur de lacs, commença à prendre de l'extension et qu'on parvint ainsi à exécuter plus aisément des dessins ayant 120 cordes ou ligatures et 288 coups de hauteur. Nombre d'appareils avaient, d'ailleurs, été inventés pour remplacer le tireur; Régnier, Dardois, Paulet, Perrin, Rivey, s'y étaient consacrés, sans pouvoir toutefois faire adopter leurs dispositifs dans la pratique.

Cependant on avait trouvé depuis longtemps un principe d'action qui devait un jour l'emporter sur tous les autres, être universellement employé pour toutes les espèces de tissus façonnés, se substituer aux anciennes méthodes, même améliorées comme je viens de le dire. En effet, ces méthodes conservaient le grave défaut d'exiger, à chaque métier, non seulement la tire continue, mais aussi le minutieux *lisage* préalable des embarbes ou des boutons, y eût-il cent métiers fonctionnant pour le même dessin.

Vers 1725, B. Bouchon, voulant soustraire les métiers de grand façonné à l'inextricable complication des embarbes, remplaça chaque embarbe par une bande de carton percée de trous en des points déterminés par le dessin. Il conservait l'équipage extérieur des cordes de semple, agissant directement sur les cordes de rame, et le ramenait verticalement sur le côté du métier au moyen d'un second cassin. Chaque corde de semple était munie, à son extrémité inférieure, d'un long crochet vertical en fer, passé dans la boucle d'une aiguille horizontale. L'ouvrier présentait successivement chacun des cartons aux extrémités des aiguilles, pour repousser celles qui ne correspondaient pas aux trous; puis, en foulant une marche, il faisait descendre une *griffe,* qui abaissait tous les crochets déplacés par les aiguilles. C'était à très peu près, et sauf renversement, le principe de la mécanique plus tard en usage. La combinaison nouvelle offrait d'ailleurs une analogie intéressante avec l'imprimerie typographique, au point de vue du système de refoulement des aiguilles par les cartons.

L'idée générale de B. Bouchon fut fécondée par Falcon, chef d'atelier de tissage à Lyon. Cet inventeur multiplia les rangées horizontales d'aiguilles motrices, améliora le jeu de l'appareil et arriva, après vingt ans de recherches, à compléter son œuvre par la découverte d'une machine à *lire et percer les cartons*, qui diminuait considérablement la dépense et le temps nécessaires au montage des dessins. Falcon fit alors des cartons indépendants pour chaque duite et les disposa sous forme de chaîne articulée continue, mais non sans fin.

Malgré tous les avantages des mécaniques *à la Falcon*, qui portaient 200, 400 et même 600 crochets, malgré le privilège que leur accorda, en 1744, le règlement sur les manufactures, il n'y en eut jamais plus de 100 en usage. Cependant ces cartons troués, dont Vaucanson s'écarta mal à propos quand il voulut ajouter à son métier automatique de 1745 un mécanisme remplaçant le tireur de lacs, devaient être repris et, à quatre-vingts ans d'intervalle, servir de type à la combinaison beaucoup plus heureuse du système Jacquard.

Se rapprochant du métier à la tire primitif et supprimant les semples ainsi que le cassin, Vaucanson plaça sur le métier la mécanique Falcon, retournée sens dessus dessous. Mais il abandonna les cartons et les remplaça par un cylindre percé de trous. Ce cylindre, monté sur un chariot à va-et-vient horizontal, effectuait à chaque coup de trame un petit mouvement de rotation, de manière à présenter de nouvelles rangées de trous aux aiguilles des crochets et à repousser ceux qui ne devaient pas être enlevés par la griffe; outre l'inconvénient d'un prix de revient assez élevé, il avait celui de limiter beaucoup trop le nombre des duites ou la hauteur du dessin, et de borner également le nombre des tires, en ne permettant guère qu'une seule rangée d'aiguilles.

Cinquante ans s'écoulèrent sans que le système de Vaucanson fût utilisé ou imité. Le métier du célèbre mécanicien se trouvait délaissé dans les galeries du Conservatoire de Paris, lorsqu'en 1803 Jacquard, visitant ces galeries, imagina d'adapter au tambour à chariot de Vaucanson les bandes de carton de Falcon, qui fonctionnaient parfaitement à Lyon depuis soixante-quinze ans; il se borna à remplacer ce tambour par un prisme rectangulaire accomplissant un quart de révolution pour chaque duite et à fermer la chaîne des cartons, de façon à en faire une

chaîne sans fin. Les premières combinaisons mécaniques réalisant cette modification ne furent pas très heureuses, et Jacquard dut recourir, vers 1806., à la coopération du mécanicien Breton. C'est à l'association de ces deux habiles collaborateurs qu'on doit l'invention du ressort à boudin repoussant les aiguilles vers leur position de repos et l'idée de disposer, non plus sur la planche d'appui des aiguilles, mais sur les faces du prisme, les repères qui guidaient le développement des cartons. Breton eut ensuite la pensée de renfermer les élastiques dans une boîte et de substituer un battant vertical ou balancier au chariot de Vaucanson; il adapta à la griffe une *presse à galets,* pour écarter le battant, lors de l'ascension de cette griffe, et pour le rapprocher, lors de la descente, de manière à appuyer le prisme contre les aiguilles. Enfin, par l'invention d'une machine à transporter le lisage des dessins sur les cartons (1812), puis d'une machine à lire et percer ces mêmes cartons, d'après un système dérivé de celui de Falcon, mais perfectionné, il réussit à doter la mécanique Jacquard de la précision et de la facilité de fonctionnement qui pouvaient seules la rendre avantageuse et qui la firent définitivement adopter, en dépit de la vive opposition manifestée d'abord par les ouvriers lyonnais.

Cette mécanique permettait au tisseur d'exécuter d'une façon presque inconsciente, en appuyant sur la pédale ou marche unique de son métier, l'étoffe la plus simple comme les dessins les plus variés et les plus riches. Elle inaugura une ère nouvelle dans la fabrication des tissus façonnés de toute espèce, façonnés ordinaires, étoffes brochées, châles, tissus veloutés, tulles, etc. Parmi nos industries nationales, ce furent celles du linge damassé, des châles et des moquettes dites *anglaises* qui tirèrent du nouveau système les avantages les plus marqués.

Tout en conservant son principe invariable, la mécanique Jacquard subit des modifications qui lui donnèrent parfois une physionomie nouvelle et des usages inattendus. Pour ne citer immédiatement qu'un exemple, on fut conduit, par une généralisation rationnelle, à faire agir les éléments constitutifs de la jacquard sur les boîtes à navettes porte-trame, aussi bien que sur les fils de chaîne, et à réaliser de la sorte un procédé mécanique de changement des couleurs de trame.

IMPRIMERIE NATIONALE.

À partir de l'époque où Breton revêtit en quelque sorte la mécanique Jacquard de sa dernière forme, les améliorations constamment poursuivies, surtout en France, eurent pour objet principal d'accélérer le lisage des dessins, ainsi que le piquage et le perçage des cartons, par un arrangement méthodique des fils, des armures, etc.; d'assurer le jeu parfait des organes; d'accroître le nombre d'aiguilles des cartons; de varier et d'enrichir l'application du métier aux tissus les plus ornés.

En 1816, Belly, de Lyon, construisit la première machine pour lire, percer et reproduire les cartons à un nombre quelconque d'exemplaires. Marin y adapta, en 1842, un clavier à touches; mais cette disposition, de même que celles de Tranchat et de Dioudonnat, qui parurent à l'Exposition de 1844, ne furent jamais appliquées qu'au lisage des dessins de faible étendue[1].

Des combinaisons ingénieuses, créées surtout en vue du tissage des châles imitant ceux des Indes, ont eu pour résultat de réduire la dépense des cartons, dont le nombre, primitivement égal à celui des coups de trame, atteignait dans beaucoup de cas 30,000 à 40,000. Par un mode de plus en plus savant d'*empoutage* ou groupement systématique des fils de suspension, par un accouplement plus habile de ces fils sur les divers crochets, on a su mettre à profit les répétitions dues à la symétrie des dessins; le dédoublement des boucles d'aiguilles a permis de déplacer deux crochets à la fois et de mieux utiliser les lames de lisses accessoires, qui, dans certains façonnés à trames nombreuses, ont pour but principal le tissage en armure unie et le liage des brides de trame, détachées de la chaîne à l'envers et dans l'intervalle des dessins. Il faut citer aussi les mécanismes dits *de déroulage* ou *de détournage*, qui, en vue de certaines combinaisons, font revenir les cartons sur eux-mêmes, pour reproduire périodiquement, avec ou sans inversion, les mêmes séries de mouvements des fils de chaîne.

[1] Plus tard, l'industrie des grands façonnés a eu recours à des machines beaucoup plus puissantes, imitées des appareils de Falcon et de Breton, susceptibles de percer simultanément un nombre considérable de trous et pouvant fonctionner très rapidement, une fois le lisage préalablement effectué. L'adaptation aux métiers à piquer de mécaniques armureuses, dites *de retient*, a permis en outre de faire presque toujours le lisage et la mise en carte elle-même *par surfaces* et sans détails, et d'abréger beaucoup les opérations préparatoires.

Plusieurs inventeurs cherchèrent à substituer aux anciens et onéreux cartons de simples feuilles de papier : tel Acklin, dont le système, rappelant les essais antérieurs de Skola (1819), plaçait la bande de papier continu entre deux plaques de cuivre locomobiles, à trous resserrés; tels encore Michel (1842) et Marin, qui s'efforçaient de diminuer la pression des aiguilles sur le papier. On tenta même, sans grand succès d'ailleurs, la suppression complète des papiers et des cartons : dans le métier Pascal, exposé en 1844, les cartons étaient remplacés par une toile sans fin, figurant le canevas du dessin au moyen de reliefs dont la saillie repoussait directement les aiguilles de la jacquard.

3. *Métiers à la barre, métiers à navettes changeantes, jusqu'au milieu du XIXe siècle.* — En même temps qu'on simplifiait ainsi l'ancien métier à la tire, servant aux tissus ornés, et que le travail automatique prenait la place du travail à la main dans le tissage des étoffes unies, on s'occupait également de multiplier et de diversifier les résultats déjà obtenus par les anciens procédés de tissage, d'y adapter les nouveaux éléments de succès mécanique, ou d'en assujettir de plus en plus les organes à des mouvements automatiques. Les principes des Bouchon, des Falcon, trouvaient de nouvelles applications; ils permettaient d'obtenir économiquement et rapidement des tissus façonnés d'une nature spéciale, sur des métiers anciens ou plus récemment imaginés : métiers *à la barre*, pour la fabrication simultanée de plusieurs rubans ou tissus étroits; métiers *à navettes changeantes; battants-brocheurs;* métiers *à roquetins*, à chaîne double, triple, etc.

Les métiers *à la barre* doivent leur dénomination à une longue barre horizontale, qui est placée en avant du bâti et dont le mouvement se transmet au battant, ainsi qu'aux pédales des diverses lisses et aux navettes à coulisses. Ils sont intéressants, tant à cause de leur ancienneté que parce qu'ils ont été le point de départ de la plupart des combinaisons modernes de métiers à plusieurs navettes localisées, pour rubans et bandes d'étoffes étroites. D'origine suisse ou allemande, ces métiers paraissent avoir été introduits en France, à Saint-Étienne et à Saint-Chamond, dans la seconde moitié du XVIIIe siècle.

Bientôt, on leur appliqua les procédés lyonnais propres au tissage des étoffes de soie façonnées; une série de perfectionnements successifs les mit en état de produire des rubans à rebords dentelés, à fonds et franges diversement façonnés, par l'emploi de cylindres garnis de touches et figurant les dessins en relief. Puis, vers 1815 ou 1819, la jacquard vint couronner le succès de l'industrie rubanière.

Jusque-là, le battant à navettes multiples n'était, à moins de rechange à la main des navettes, applicable qu'aux tissus d'une seule couleur et non brochés. On ne tarda pas à comprendre combien il serait utile d'adapter au métier à la barre les procédés ingénieux déjà imaginés, pour changer à volonté la couleur du fil de trame sur les métiers ordinaires.

Dans le travail à la main, le tisserand chassait successivement sur toute la largeur de l'étoffe, et suivant l'ordre réclamé par le dessin, les navettes garnies de fils de couleurs différentes. Mais ce travail, qui exigeait une attention soutenue, était payé plus cher que celui du tissage à une seule couleur. Aussi des recherches avaient-elles été entreprises dès la fin du XVIII[e] siècle, en vue d'éviter ce surcroît de main-d'œuvre par des mécanismes présentant à chaque coup de taquet la navette voulue pour réaliser un effet de couleur. Ce fut l'origine des *boîtes à navettes multiples*. La première en date est la *lanterne* ou *boîte-revolver*, boîte cylindrique à compartiments, placée sur le côté du battant et dont la rotation offrait les diverses navettes, les unes après les autres, à l'action du taquet. Cet appareil, attribué à R. Kay, paraît s'être peu répandu. Il fut bientôt remplacé, en France, par une boîte à étages et à mouvement de va-et-vient vertical, disposée également à l'une des extrémités du battant, et dont la manœuvre verticale, pour chaque changement de couleur, était produite d'abord par un cylindre à touches, plus tard par une mécanique à cartons troués. F. Louis, de Nîmes, semble avoir, le premier (1827), employé la jacquard à choisir automatiquement les fils de trame, c'est-à-dire à opérer le changement des navettes dans l'ordre requis.

L'application des navettes changeantes au métier à la barre, pour la fabrication des rubans façonnés à plusieurs couleurs, fut inaugurée en Suisse. Mais c'est aux fabricants de Saint-Étienne et de Lyon que

revient le mérite d'avoir utilisé la jacquard pour le déplacement vertical du battant porte-navettes. Après des recherches persévérantes, ces fabricants réussirent à vaincre les difficultés que soulevait la commande automatique des navettes, étant donné le mécanisme de l'ancien métier à la barre; grâce à leurs efforts, le tissage des rubans brochés put être réalisé, vers 1830, au moyen de combinaisons exclusivement mécaniques.

4. *Battants-brocheurs, métiers à espolins et à roquetins multiples, etc., jusqu'au milieu du XIXe siècle.* — L'ingénieux battant des métiers à rubans a ouvert la voie au *battant-brocheur,* dont l'invention est venue combler une lacune dans le brochage des tissus larges. Toutes les fois qu'un effet façonné et localisé doit être obtenu par la trame, le *brochage,* qui n'emploie les fils de couleur qu'aux points où ils doivent apparaître, offre une économie de matière et une solidité particulières; en l'employant, on évite le découpage des *brides,* à l'envers de l'étoffe, opération que nécessite le travail du lancé et de laquelle résultent à la fois un déchet sérieux et un affaiblissement du tissu. Mais le brochage à la main présentait l'inconvénient d'être lent et cher; aussi un grand progrès fut-il réalisé dans le travail des façonnés, par l'introduction du battant-brocheur, qui facilitait et régularisait la main-d'œuvre du tisseur, en permettant de brocher simultanément tous les effets d'une même ligne. L'honneur de ce progrès revient surtout à P. Meynier, inventeur du premier *battant à espolins brocheurs.* Associé à Godmard, Meynier ne cessa d'apporter à son appareil des simplifications et des perfectionnements, dont les mérites valurent à ces deux constructeurs une médaille d'or, lors de l'Exposition de 1849. Cet ingénieux instrument, applicable aux battants ordinaires, portait deux rangées parallèles d'*espolins,* garnis de fils de trame diversement colorés, qui fournissaient chacun une course limitée dans un châssis à coulisses et exécutaient ainsi le broché de place en place. L'impulsion simultanée de toutes les navettes d'une rangée était produite à la main par le jeu d'une tringle à manettes; d'autres tiges à crampons pousseurs abaissaient ou soulevaient les espolins, comme l'exigeait le dessin du broché.

Si le battant-brocheur était un appareil précieux pour le travail des étoffes à dessins symétriques, il ne pouvait réaliser les tissus larges à figures ou couleurs perpétuellement changeantes : les espolins nécessitant entre eux, pour opérer leur course, un espace libre égal à leur longueur et ne pouvant, dès lors, agir que de place en place, à des distances assez sensibles, ne convenaient pas à l'exécution des effets continus, comme ceux des châles de l'Inde par exemple. L'industrie française d'imitation de ces châles orientaux, industrie contemporaine des premières applications de la jacquard, dont elle devait tirer des ressources inattendues, se vit, en conséquence, obligée de recourir au système ordinaire du *lancé,* pour l'ornementation de ses tissus. Mais, dans la fabrication des châles français, de même que dans celle des étoffes d'ameublement et de tous les tissus façonnés obtenus par le lançage, on s'ingénia à diminuer les déchets dus au découpage des brides, en économisant les couleurs et en dégradant les tons au moyen du mariage rationnel d'un nombre minimum de teintes : c'est ainsi que les châles français se tissaient à sept couleurs et non à seize comme ceux des Indes. L'ourdissage en fils de couleurs différentes aida d'ailleurs à la solution du problème, en multipliant les moyens et par suite les effets. Enfin, à plusieurs reprises, notamment vers 1840, des tentatives furent faites afin de supprimer entièrement le déchet au découpage, en tissant deux châles à la fois, de manière à utiliser les brides de l'un pour former la fleur de l'autre, et en séparant ensuite les deux tissus à l'aide d'une machine spéciale ; le système ne fut pas adopté, mais les tentatives ne restèrent pas stériles et inspirèrent d'autres inventions, notamment pour le tissage à deux pièces des gazes blanches et des velours.

En ce qui concernait l'imitation plus parfaite des châles de Cachemire, on avait dû renoncer à tout travail mécanique et se servir de la broche ou de l'espolin manœuvré à la main, suivant le mode employé de temps immémorial pour l'exécution des tapis, tapisseries et broderies à sujets d'imitation.

Les indications fournies dans un précédent chapitre au sujet du matériel des tapis et des tapisseries me dispensent d'y revenir ici. Je dois, au contraire, insister sur les velours. Le tissage des étoffes

veloutées exige la combinaison d'une chaîne inférieure, tendue entre deux ensouples ordinaires, avec une ou plusieurs autres chaînes à fils lâches, ourdies sur des séries de bobines indépendantes (*roquetins*), qu'on adapte à un cantre. Ces derniers fils sont successivement levés ou abaissés, soit pour laisser passer la trame, soit pour recevoir les tringles en fer servant à former les boucles. Après un certain nombre de coups de battant, on retire progressivement les tringles du tissu; les velours destinés à être *coupés* le sont, à ce moment, par un rabot spécial qui tranche les sommets des boucles en passant sur les fers. Pendant longtemps, toutes les variétés de velours furent exclusivement tissées au métier à bras. Cependant on réussit à fabriquer certains velours unis par des procédés expéditifs, en imaginant, comme le fit P. Meynier (1833), des moyens mécaniques ingénieux et simples pour trancher les poils au cours du tissage; on arriva aussi à mouvoir mécaniquement les fers à l'aide desquels s'obtenaient la frisure ou le coupage du poil. W. Wood, de Wilton, employa, le premier, la machine à vapeur et créa un métier automate, dont j'ai déjà parlé à propos des moquettes; pour les velours coupés, le tranchage des boucles était opéré simultanément par les fers servant à former les boucles; ces fers portaient, à leurs extrémités, des lames tranchantes et obliques.

Une machine spéciale à couper le velours de coton fut également inventée en Angleterre. Dans ce genre de tissus, le coupage destiné à former le duvet s'effectuait, après le tissage, au moyen d'une lame qui tranchait certains fils de trame perpendiculairement à leur direction. Tandis qu'en France l'opération se faisait encore à la main et constituait une des spécialités de la ville d'Amiens, les Anglais avaient imaginé une machine actionnant à la fois plusieurs lames sur toute la largeur de l'étoffe et diminuant en même temps les chances d'accident.

5. *Progrès des métiers pour tissus pleins pendant la seconde moitié du XIXe siècle.* — Si, pour le tissage des étoffes unies et notamment des calicots, le travail mécanique avait pris beaucoup d'extension, il en était autrement du tissage des étoffes façonnées, qui continuait, en

France du moins, à rester presque exclusivement dans le domaine du travail manuel. Bien qu'à l'Exposition universelle de Londres (1851), les Anglais eussent présenté quelques métiers produisant les façonnés d'une manière entièrement automatique, leurs tentatives ne pouvaient encore rivaliser avec la multitude de combinaisons et de perfectionnements qui s'étaient succédé chez nous depuis les premières années du siècle, dans le but d'économiser le temps et la main-d'œuvre, de varier le dessin et d'abaisser le prix de revient des plus beaux tissus.

En 1855, les constructeurs français ne jugèrent pas à propos d'exposer les améliorations accomplies par eux dans les machines usuelles. Quant aux Anglais, ils n'encouraient pas le même reproche; leurs métiers automates, à tisser les étoffes unies ou rayées, fonctionnaient avec une admirable précision, à raison de 130 à 160 coups par minute.

La section française montrait une foule de modifications plus ou moins heureuses, apportées aux métiers Jacquard, aux battants-brocheurs, et de dispositions tendant à substituer le papier au carton, à simplifier le lisage et le perçage, à diminuer le nombre des cartons, etc. Néanmoins la fabrication des soieries façonnées paraissait stationnaire, et les industriels de Lyon semblaient, depuis plusieurs années, viser plutôt au certain qu'au progrès, redouter les chances des essais qu'appelle toujours une innovation. Comme preuve de cette indifférence, le jury citait le fait suivant: Meynier ayant imaginé en 1850 un nouveau mode de montage des métiers, très avantageux pour les grands dessins, la Chambre de commerce de Lyon avait acheté le brevet, de concert avec 25 fabricants, afin de faciliter la diffusion du procédé; cependant en 1855, trois ans après cette acquisition, on ne comptait que deux maisons mettant en pratique le montage Meynier; les autres établissements s'en tenaient aux vieux errements.

Parmi les constructeurs anglais, W. Wood présentait, avec divers perfectionnements, son métier automate à tisser les velours et les tapis moquettes. MM. Parker exposaient un métier à tisser les toiles à voiles, qui avait déjà mérité les suffrages de l'amirauté anglaise en 1851 et qui venait heureusement combler la lacune existant en

France sous ce rapport: aucun des comptes rendus de nos Expositions nationales, jusqu'en 1849, n'avait mentionné de métiers mécaniques pour la fabrication des toiles à voiles.

L'un des faits saillants de l'Exposition de 1867 consistait dans le soin tout spécial apporté par l'industrie anglaise aux machines à préparer les fils pour tissage. Déjà les membres français du jury à l'Exposition de Londres, en 1862, avaient insisté sur la perfection de ces machines, sur l'avance qu'elles donnaient à nos voisins dans toutes les branches du tissage automatique, sur les dispositions ingénieuses des dévidoirs, des ourdissoirs et surtout des encolleuses à tambour sécheur (*sizing machines*), qui remplaçaient partout, au delà de la Manche, pour les tissus ordinaires, les anciennes pareuses à brosse et à ventilation, et qui réduisaient notablement les frais du matériel et de l'opération.

C'était l'excellence de la préparation des fils pour le tissage qui expliquait en grande partie les vitesses considérables imprimées aux métiers automatiques à faire les tissus unis, les rayés, les carreaux et les façonnés, ainsi que l'emploi de plus en plus répandu des métiers à navettes multiples et des métiers Jacquard : pas plus, en effet, que l'Exposition de 1862, celle de 1867 ne présentait de dispositif nouveau bien original.

Pour le métier à calicot notamment, c'est-à-dire pour le métier le plus anciennement appliqué au tissage automatique, les préparations plus parfaites de la chaîne, jointes à l'exécution de plus en plus soignée de tous les détails de construction, à l'accroissement de stabilité des points d'appui, à l'allégement des organes mobiles, avaient permis d'atteindre des vitesses de 300 duites à la minute, pour des largeurs de 0 m. 60 à 0 m. 70.

Comme conséquence de l'augmentation de vitesse réalisée dans les métiers mécaniques, l'usage des casse-trame et autres appareils de sûreté s'était généralisé, en même temps que s'amélioraient leurs dispositions. Il y avait là un progrès sérieux: c'est, en effet, grâce aux appareils de ce genre qu'on tire de l'emploi d'un moteur toute l'économie possible de main-d'œuvre, en confiant à chaque ouvrier un

plus grand nombre de métiers. Le jury signalait particulièrement un casse-trame anglais, qui, au lieu d'arrêter le métier en cas de rupture du fil de trame ou d'épuisement de la navette, jetait celle-ci dans une boîte disposée *ad hoc* et fournissait une autre navette placée en attente : de là une économie de temps de 25 à 40 p. 100 sur le rattachage de la trame à la main.

Jusqu'alors, dans la catégorie des velours et des tissus analogues, le travail mécanique avait été limité aux velours à grosses boucles, aux tapis veloutés et aux peluches de la chapellerie. On voyait pour la première fois, en 1867, un métier tissant automatiquement les velours les plus fins. Ce métier, dû à M. Joyot, appartenait au système dit *à la barre;* il produisait les rubans cannelés et veloutés, ainsi que les rubans sans envers, nouveaux dans la rubanerie.

Aux précédentes Expositions, les métiers à navettes changeantes ne s'étaient montrés qu'avec réserve. Peu répandus dans l'industrie anglaise, ils avaient à peine été essayés en France. Lors de l'Exposition de 1867, leur emploi semblait plus étendu ; le nombre des fils de trame employés dans les divers systèmes marquait un pas en avant : certains métiers pouvaient même produire les duites impaires et, par suite, éviter la juxtaposition de deux trames de même couleur.

Quant aux métiers Jacquard à faire les façonnés, qui figuraient au Champ de Mars, leur fonctionnement dépendait des conditions dans lesquelles ils étaient destinés à travailler. En principe, la substitution de l'impulsion mécanique à celle du pied ne présentait aucune difficulté; mais, en application, elle ne convenait pas à tous les tissus. La commande automatique était avantageuse toutes les fois qu'il s'agissait d'articles courants, dont la fabrication en tissu uni supportait déjà le travail mécanique. Elle exigeait d'ailleurs le groupement, dans l'atelier, de nombreux métiers du même genre : aussi le tissage mécanique était-il plus particulièrement adopté en Angleterre, pour les façonnés simples et de consommation courante, tels que le damas; les métiers lourds à fabriquer certains tapis de Roubaix et d'Amiens avaient été de même automatisés. Au contraire, le travail à la main conservait les préférences de l'industrie de luxe, comme celle de Lyon ou de Tarare, où la machine, n'ayant pas encore reçu une spéciali-

sation assez parfaite, eût été impuissante à remplacer l'intelligence et l'habileté de main: nos manufacturiers portaient leurs efforts vers la simplification et le perfectionnement du montage et des organes du métier, bien plutôt que vers son automatisation complète.

Pendant longtemps, l'étendue des effets du tissage s'était trouvée limitée par la dépense des cartons et la complication des crochets, inséparables de la grande dimension de certains dessins. Sous l'impulsion de P. Meynier et de R. Rouze, l'art du montage venait de progresser au point de doubler ou de quadrupler la puissance des métiers; loin de réduire la variété des effets, cette transformation permettait au tisserand d'obtenir des entrelacements nouveaux, d'imiter plus fidèlement la taille-douce, la broderie, la dentelle. Les recherches, en vue de diminuer la dépense occasionnée par les cartons, avaient été poursuivies avec ardeur, et, après un demi-siècle d'études, le problème de la substitution du papier à ces cartons pouvait être considéré comme résolu, tout au moins en principe.

Des perfectionnements, ayant pour but de supprimer les brides produites au lancé, se manifestaient en 1867 dans la fabrique des châles français. On arrivait à imiter le travail oriental par l'espoulinage mécanique : l'idée mère de la solution reposait sur une amélioration du battant-brocheur combiné au métier de tissage; les espolins étaient manœuvrés par un moteur, au lieu de l'être à la main, et des dispositions avaient été imaginées pour en mettre le plus grand nombre possible sur la largeur du tissu.

En 1878, le nombre des métiers à bras était encore, chez nous, de beaucoup supérieur au nombre des métiers mécaniques: 328,000 contre 121,000. L'Angleterre avait une forte avance : dès 1874, elle comptait 665,000 métiers automatiques.

La lenteur avec laquelle ces métiers se répandaient en France tenait, non à des difficultés techniques, mais à des raisons économiques, à l'importance des frais de construction et d'installation du nouveau matériel, au coût de la force motrice, à la variété de notre production; cette variété, source de succès pour plusieurs de nos grands centres de fabrication, nécessitait des modifications fréquentes dans le montage et

se prêtait mal à l'usage des métiers mécaniques, qui exigent la continuité et la rapidité de fabrication. Il n'en fallait pas davantage pour expliquer l'extrême vitalité du tissage à bras, surtout dans les campagnes où le prix de la main-d'œuvre demeurait relativement modique. Le travail manuel gardait même la prépondérance dans les villes, pour le tissage des façonnés, dont la jacquard constituait le facteur essentiel et qui réclamait non seulement l'expérience de l'ouvrier, mais aussi l'inspiration du dessinateur et l'habileté du monteur : les fabriques urbaines de soieries continuaient à employer près de 100,000 métiers à bras.

Tout autre était la situation en Angleterre et en Amérique : les constructeurs s'efforçaient d'y faire prévaloir de plus en plus l'élément mécanique. Dans la Grande-Bretagne, notamment, les manufactures, ayant des débouchés vastes et nombreux, pouvaient se consacrer exclusivement à des produits déterminés, mettre constamment les mêmes matières en œuvre, fabriquer invariablement les mêmes articles, utiliser ainsi les métiers automatiques sans perte de temps, sans discontinuité : le terrain était donc éminemment propice au travail de la machine, que favorisait en outre la cherté du travail manuel.

Les efforts faits en vue d'accroître la puissance mécanique des industries textiles se traduisaient par un perfectionnement des machines préparatoires : ourdissoirs munis de casse-fils débrayeurs; encolleuses, substituant le séchage par rayonnement et ventilation au séchage par contact; dévidoirs et canetières améliorés, comme la canetière Honegger.

Malgré les causes retardant l'expansion du tissage automatique, son développement se manifestait par la production à la machine de certains tissus jusqu'alors réservés au travail à la main.

On signalait principalement la transformation du tissage des soieries, dans lequel la mesure, le tact de l'ouvrier habile avaient toujours paru défier la concurrence des procédés automatiques. Les difficultés semblaient vaincues pour la faille, grâce à des inventions telles que celle de la navette Honegger : au lieu d'être chassée d'une lisière à l'autre en glissant ou en roulant sur les fils, cette navette était portée alternativement d'un côté du battant au côté opposé par deux pinces articulées, de façon à éviter tout froissement, toute usure de la chaîne.

De nouveaux métiers avaient été adaptés à la fabrication mécanique des velours unis, spécialement du velours d'Utrecht, et des velours de soie double pièce.

Les constructeurs anglais se préoccupaient de remplacer entièrement les substances hygrométriques par le métal dans les transmissions de mouvement; ils employaient des tringles métalliques de préférence aux cordes de lisse et aux cordes d'empoutage de la jacquard. Ils s'étaient également attachés à l'amélioration et à la simplification des mécaniques d'armures.

Parmi les systèmes proposés pour substituer le papier aux cartons Jacquard, l'un des plus remarquables était celui de MM. Verdol et C[ie], dérivé du système Acklin; il réduisait le rôle du papier à la déviation d'aiguilles auxiliaires très légères, qui déterminaient l'enlèvement des crochets. Enfin on remarquait, comme susceptible de quelques applications avantageuses aux simples damassés, le système Sparre, imitation du cylindre de Dresde; le comte Sparre, voulant supprimer la mise en carte, reproduisait le dessin par une gravure en relief, puis plaçait la planche gravée contre les touches correspondant aux poinçons d'un lisage spécial pour percer les cartons.

Le soin apporté aux détails de construction des métiers était plus accusé encore à l'Exposition de 1889 qu'aux Expositions antérieures.

D'une manière générale, les vitesses avaient été augmentées, sans que la qualité des produits en eût souffert, toutes les précautions voulues ayant été prises pour assurer la régularité et la sûreté de la marche, pour faciliter les manipulations et éviter les erreurs. L'emploi d'appareils débrayeurs, destinés à arrêter le métier en cas d'accident, soit à la trame, soit aux navettes, était devenu courant. Afin d'échapper aux chances de confusion, on solidarisait habituellement les mécanismes de commande des lames et ceux qui opéraient le changement des navettes. Certains constructeurs avaient fait avec succès des mécaniques Jacquard à *lève* et *baisse,* dans lesquelles les crochets laissés s'abaissaient pendant que les crochets pris se relevaient.

Depuis 1878, le tissage mécanique de la soie avait réalisé des progrès considérables; son développement se manifestait par le

nombre des métiers exposés. On était parvenu à produire mécaniquement des articles pour lesquels il eût été naguère impossible de se passer du métier à bras; les tentatives entreprises cinq ou six ans auparavant, en vue de sauver le tissage à domicile, n'avaient abouti qu'à imprimer une plus vive impulsion au travail automatique. Les métiers à soie présentaient des formes stables; ils se caractérisaient par leur largeur restreinte, par la grande longueur donnée à la chaîne afin de ménager davantage les fils, par les mouvements particuliers dont le battant était souvent animé et qui imitaient le coup sec du battant mû à bras. En employant un cylindre-frein pour l'enroulement, on eût risqué d'érailler l'étoffe : cet enroulement était produit par le mouvement même de l'ensouple, dont la rotation se ralentissait sous l'action d'un mécanisme régulateur, à mesure qu'augmentait son diamètre.

Un autre type distinct, celui du métier à draps, accusait des perfectionnements spéciaux et sensibles; la largeur de la chaîne et la grosseur de la navette avaient conduit à accroître la puissance du chasse-navette. Le bâti tout entier offrait de fortes dimensions et une structure robuste. Les métiers pour nouveautés étaient pourvus d'un nombre considérable de lisses, généralement mues par une mécanique à armures du système Crompton, et de plusieurs navettes. Dans ces métiers, les boîtes à navettes étaient plus ordinairement montantes que tournantes.

En dépit de la stabilité de principes et de formes qu'attestaient les appareils de tissage automatique, quelques conceptions originales avaient été mises au jour. La plus intéressante se trouvait dans le métier à tisser circulaire Wassermann. Ce n'était pas que l'idée fût absolument neuve: la grande production des métiers circulaires à bonneterie devait nécessairement provoquer des recherches analogues pour le tissage proprement dit. Mais le métier Wassermann n'en constituait pas moins le premier appareil de ce genre réellement apte au tissage; il jalonnait une voie nouvelle, où l'on rencontrerait peut-être certaines solutions utiles.

À l'Exposition de 1900, le fait dominant pour le tissage des cotons a été le succès du métier Northrop. Ce métier possède une énorme

puissance de production. Il réalise deux perfectionnements d'importance capitale : changement automatique de la trame dans la navette sans arrêt du métier et sans changement de navette; mise en œuvre d'un casse-chaîne automatique, très sûr et très pratique, déterminant l'arrêt du métier. L'ouvrier est ainsi dispensé de la surveillance incessante qu'exigent les types antérieurs et peut soigner un plus grand nombre de métiers, avec une bien moindre dépense de fatigue, puisque la machine effectue automatiquement les opérations les plus laborieuses du tisserand.

Des deux dispositifs qui viennent d'être signalés, le premier se résume ainsi : un casse-trame à petits leviers, dont un des bras s'appuie sur le fil de trame et tombe quand ce fil manque, porte à son autre bras une encoche qui arrête alors un cran à va-et-vient; l'accrochage déclenche un revolver armé de canettes pleines, qui sont fixées d'un seul côté entre deux ressorts à rainure; en même temps, un doigt s'abaisse et pousse une canette pleine sur la vide; celle-ci se trouve chassée de la navette, dont l'œil reçoit le nouveau fil. Tous ces mouvements se produisent presque instantanément; le levier du casse-trame se relève et le travail continue. Pour les tissus fins, le casse-trame se double d'un doigt tâteur, agissant avant l'entière disparition du fil, quand le diamètre de l'enroulement sur la canette a suffisamment diminué; la perte de fil ne dépasse pas 1 à 1.5 p. 100.

Aux deux améliorations principales s'en ajoutent d'autres : fouets dans le battant, avec déplacement rectiligne des taquets; régulateur positif avec mouvement de recul, agissant à chaque remplacement de trame; frein relié au buttoir; régulateur automatique du rouleau d'ensouple, sans poids de pression.

Depuis 1895, date de l'introduction du métier Northrop dans le tissage des États-Unis, plus de 30,000 exemplaires en ont été installés. Bien que son prix de revient dépasse le double de celui des anciens métiers, l'économie est cependant considérable. Sa largeur varie de 0 m. 70 à 1 m. 50, mais pourrait être augmentée. Un ouvrier soigne couramment 16 métiers à la fois.

Jusqu'ici, le northrop limite son domaine aux calicots, aux cretonnes, aux coutils croisés et aux satins.

La fabrication des cotonnades a bénéficié d'autres progrès. Parmi ces progrès, il y a lieu de citer la création du mouvement positif dans les métiers à quatre navettes, grâce auquel les différentes positions des boîtes sont obtenues par le moyen d'excentriques permettant tous les sauts de boîtes avec une très grande vitesse, sans choc et en douceur. Cette invention a porté le nombre des coups de 130 ou 140 à 180 et accru de 25 p. 100 la production de certains articles.

Pour les lainages, on a pu voir en 1900 une mécanique marchant sur un métier à nouveauté sans lui imposer de ralentissement et procurant, dès lors, avec une accélération de la vitesse, un accroissement sensible du rendement.

De nombreux perfectionnements ont été apportés aux détails des métiers pour soieries: disposition du régulateur différentiel, avancement de ce régulateur, compensation des inégalités de la trame, chasse à sabre, mécanisme à changer les boîtes de navettes, etc.

Le matériel de fabrication du velours a subi des modifications plus profondes. Un constructeur français exposait en 1900 de remarquables métiers tissant à la fois quatre pièces en velours de soie ou deux pièces en peluche de soie pour chapellerie, à la vitesse de 130 ou 140 coups par minute. La disposition la plus intéressante était celle de la coupe du poil, réglée avec une précision pour ainsi dire mathématique; travaillant toujours dans le même sens, le couteau s'armait à gauche sur un taquet à ressort, se désarmait au bout de sa course à droite, puis revenait sans toucher le tissu.

Un nouvel appareil brodeur s'applique à tous les métiers de tissage, marchant avec ou sans jacquard, et permet de broder en tissant sans diminuer la production du métier. Les effets sont obtenus au moyen d'excentriques ou cames à profils variés. On fait ainsi des articles qui ne pouvaient jusqu'ici être obtenus qu'à la main et au battant-brocheur.

De cet appareil, il est naturel de rapprocher une machine réalisant à bon marché l'application automatique de la broderie perlée sur les tissus.

Si les machines de préparation n'accusent pas de réforme profonde, elles ont cependant bénéficié de perfectionnements multiples.

2. Métiers pour tissus à jours ou à mailles. — 1. *Métiers pour tulles et dentelles mécaniques.* — L'industrie des tulles et dentelles mécaniques a son origine première dans l'invention du métier à bas par le Révérend William Lee, de Calverton près Nottingham, au xvi[e] siècle.

D'après des récits quelque peu légendaires, un fabricant de bas au métier, Hammond de Nottingham, serait parvenu en 1768 à produire une sorte de tricot à mailles coulantes, dit *tricot de dentelle.* Ce qui est certain, c'est que, dès cette époque, la fabrication automatique de tissus à jours, comme le tulle, imitant d'une façon plus ou moins parfaite la dentelle à la main, commençait à provoquer de nombreuses recherches, notamment en Angleterre.

Lyon paraît être la première ville de France où aient été employés des métiers mécaniques propres à fabriquer les tulles de soie et fondés sur l'addition d'une chaîne à la trame de l'ancien métier à bas. Bientôt, les appareils lyonnais furent perfectionnés dans la Grande-Bretagne, où leur usage présentait plus d'intérêt encore, eu égard au prix élevé de la main-d'œuvre et à la moins grande habileté des ouvriers dans cette spécialité. Malgré les perfectionnements ainsi réalisés au delà de la Manche, les produits français conquirent une très grande vogue et purent longtemps soutenir la lutte contre les tulles anglais, grâce aux ingénieuses combinaisons par lesquelles les fabricants lyonnais étaient parvenus à les orner de dessins ou broderies, pendant le tissage même : ces combinaisons dues pour une large part à Calas et Denomplès, de Lyon, ainsi qu'à Grégoire, de Nîmes (1824), reposaient sur l'application de la mécanique Jacquard aux métiers à tulle de chaîne, afin de conduire les fils brodeurs.

Entre temps et après une longue série d'essais tendant à améliorer le métier à chaîne, les Anglais arrivaient à faire mécaniquement un tulle très analogue au vrai réseau de dentelle. John Lindley de Nottingham inventa ou plutôt réinventa en 1799 la bobine plate, qui est restée le principal élément des métiers à imitation de dentelle et qui remplit le même office que les fuseaux dans la main de la dentellière. Je viens d'écrire le mot de «réinvention» : en effet, dès 1776, Laplace avait présenté à l'Académie des sciences un métier dû au professeur

IMPRIMERIE NATIONALE.

Leturc et comportant 700 bobines minces, chargées de trame et enfilées sur des rangées de pointes horizontales; ces pointes garnissaient 7 traverses, dont 3 étaient mobiles de façon à réaliser l'enlacement et le croisement des fils. Le célèbre Heathcoat, utilisant la bobine plate de Lindley, réussit à tisser un tulle dit *tulle-bobin,* ayant la plus complète similitude avec notre dentelle aux fuseaux, et contribua puissamment à établir l'industrie tullière dans son pays, le Nottinghamshire. Son métier, patenté en 1809, était extrêmement ingénieux. Les fils de chaîne se trouvaient tendus parallèlement sur deux ensouples placées l'une au-dessus de l'autre; quant aux fils de trame, ils étaient disposés sur des bobines rondes, plates et très minces, dont les deux rangées encadraient la chaîne, de part et d'autre, et pouvaient en traverser de champ les interstices. Pour réaliser ce mouvement, les chariots de très faible épaisseur portant les bobines glissaient sur les branches de deux peignes à lames transversales courbes, situés en regard l'un de l'autre de chaque côté du *fossé,* qui livrait passage aux fils de chaîne; ces peignes se déplaçaient parallèlement à eux-mêmes et au fossé, de manière à avancer ou reculer exactement d'un rang, et à faire ainsi enlacer et croiser horizontalement les fils des bobines autour des fils verticaux de la chaîne. Chaque fil des bobines effectuait ainsi un tour sur chacun des fils successifs de la chaîne. Les jours ou treilles prenaient d'ailleurs leur forme hexagonale caractéristique, grâce à l'entre-croisement des déplacements d'évolution des bobines (dont les unes allaient vers la gauche et les autres vers la droite) et à l'obliquité que l'avancement du tissu imprimait à leur translation fil par fil.

Quel que soit le mérite des prédécesseurs de Heathcoat, ce mécanicien ne doit pas moins être placé en tête des inventeurs de métiers à tulle-bobin; on retrouve dans sa machine graduellement perfectionnée le germe du *métier à double barre,* plus commode et plus fécond en ressources.

Au métier primitif de Heathcoat, Lacy et Lindley ajoutèrent les deux peignes mobiles à pointes croisées qui devaient produire le serrage des treilles, déjà ébauchées par le croisement réciproque des fils (1816). Puis on parvint à rendre le fonctionnement de l'appareil

tout à fait automatique. J. Levers apporta de grandes simplifications au mécanisme, en laissant fixes les peignes des chariots à bobines et en déplaçant les fils de chaîne, mis en barres, de telle sorte que chaque bobine enveloppât alternativement deux fils voisins (1828, 1830 et 1835). La bobine donna du reste naissance à une foule de métiers, qu'il m'est impossible de décrire même sommairement : straight-bolt, traverse-warp, pusher, circulaire, levers ou leavers, etc.

La production mécanique du tulle s'était développée en Angleterre. Malgré les mesures de rigueur prises par le Gouvernement anglais pour empêcher la sortie des métiers britanniques, Thomassin, de Douai, réussit à importer, en 1816, une machine complète. En 1817, une autre machine à tulle-bobin échappa à la surveillance de l'Angleterre et fut installée à Calais par des ouvriers de Nottingham. Saint-Pierre-lez-Calais devint le grand centre de la fabrication française; les nouveaux métiers ne tardèrent pas d'ailleurs à gagner Grand-Couronne, près de Rouen, Lyon et Saint-Quentin. Pour la région lyonnaise notamment, l'introduction du métier à bobines date de 1823, et le mérite en revient à Dognin.

Cependant on n'était arrivé qu'imparfaitement, avant 1830, à imiter les broderies à la main et à l'aiguille sur le tulle uni; les longues recherches d'Heathcoat, pour ce genre de travail, n'avaient pas été très heureuses. On ne savait guère mieux imiter les mats et les entoilages de fleurs antérieurement à 1835 ou 1836. Vers cette époque, les cartons et la mécanique Jacquard se répandirent dans la fabrication du tulle-bobin ; on les employa à mouvoir des *fines-barres*, pour produire les *mat-chaîne* ou les *mat-bobine* et pour réaliser les effets de *guimpe* par le déplacement des fils brodeurs, qui allaient se lier en dessins capricieux aux enveloppements des fils de chaîne par les bobines. Rien n'empêchait plus dès lors de produire des tulles en coton et en soie, imitant les malines, les valenciennes, etc., variés à l'infini suivant le goût et les tendances de la mode. Ce progrès, à propos duquel il est juste de rappeler les noms d'Isaac (Calais) et de Jourdan (Cambrai), entraîna la diparition des métiers à chaîne lyonnais.

Depuis, les métiers à tulle ont été améliorés au double point de vue des ressources en combinaisons et de la simplicité des organes. Ils

n'en restent pas moins des appareils complexes et délicats. Aujourd'hui, le type dominant est celui des *leavers* à barres indépendantes, pourvus de jacquards puissantes : son prix varie de 16,000 à 30,000 francs. Les constructeurs français et allemands ont engagé vigoureusement la lutte contre les constructeurs anglais; ils exposaient en 1900 des modèles remarquables, dotés d'améliorations sérieuses (navettes à réglage automatique de la tension du fil; frein pour le cylindre de la chaîne, réglant automatiquement la tension des fils; mécanisme actionnant les chasse-navettes à l'aide de leviers doubles placés en bas; dispositif permettant de lever les chasse-navettes et de remplacer les navettes à tout point d'arrêt de la machine; autre dispositif empêchant la mise en marche de la machine pendant que les chasse-navettes sont levés; montage et enfilage automatiques des bobines dans les navettes; enlèvement automatique des bobines vides; etc.). Un de ces modèles avait 4,840 navettes.

2. *Métiers pour bonneterie.* — Si l'on en croit la plupart des auteurs, le premier métier mécanique à bas aurait été construit par l'anglais William Lee, pasteur à Woodborough, vers 1589; l'inspiration serait venue au digne clergyman, à la vue d'ouvrages de tricot qu'exécutait sa fiancée : c'est pour perpétuer ce souvenir que la Compagnie de Londres a placé dans ses armes un métier avec un ecclésiastique et une jeune fille présentant à ce dernier une aiguille à tricoter. D'abord accueillie avec faveur en Angleterre, l'invention ne tarda pas à inspirer des craintes pour le travail manuel; Lee, découragé par l'indifférence de ses concitoyens, accepta les propositions de Sully, vint s'établir à Rouen, mais, après des alternatives de succès et de dures épreuves, mourut dans la misère vers 1620. Les ouvriers qu'il avait formés retournèrent à Londres, et cette ville devint bientôt un centre très important de fabrication, alors que le passage de Lee sur le sol français n'y laissait pas de trace.

Appréciant mieux cette fois le nouveau métier, l'Angleterre en interdit l'exportation sous peine de mort. Un Français courageux, Jean Hindret, pénétra cependant dans les ateliers de Londres et y recueillit assez de renseignements pour créer, en 1656, au château de Madrid

(bois de Boulogne), une manufacture de bas pourvue de métiers mécaniques et spécialement destinée au travail des articles de soie.

Une obscurité assez profonde entoure les premiers développements du métier de William Lee. On sait néanmoins qu'il est parvenu depuis longtemps à un état relatif de perfection. Ses aiguilles rangées parallèlement dans un même plan horizontal et recourbées à leur extrémité en forme de crochet flexible; ses platines à double échancrure, maintenues dans des ondes à bascule, dont l'abaissement replie en feston le fil étalé sur les aiguilles; son chariot mû à la main, portant l'équipage entier des platines et des ondes à bascule, et permettant de pousser un feston formé sous les crochets pendant que le précédent passe au-dessus et va tomber en avant pour constituer une rangée de mailles, tous ces organes témoignent d'une sagacité et d'une profondeur de conception vraiment merveilleuses. Leur complication même semblerait indiquer une longue élaboration par plusieurs générations successives. Bien que les détails du mécanisme aient subi plus tard de nombreuses modifications, le principe fondamental n'a pas varié.

Jusqu'en 1758, la machine primitive ne subit aucune transformation essentielle. À cette époque, le mécanicien anglais Strutt lui ajouta une mécanique à bascule, portant un second rang d'aiguilles, en avant du premier, de manière à adapter le métier au tricotage des bas à côtes. Cette addition est devenue le point de départ de toutes les combinaisons nouvelles d'aiguilles et de platines mobiles, qui se sont greffées postérieurement sur l'appareil ancien, pour permettre de pratiquer dans le tissu, pendant sa fabrication, des vides, des nœuds, des côtes imitant plus ou moins la broderie à la main. Les constructeurs anglais de la seconde moitié du XVIIIe siècle paraissent avoir devancé les nôtres dans la voie de ces perfectionnements; en 1780, le Gouvernement français dut même faire venir d'Angleterre des métiers pour bas à côtes en laine et en coton, métiers qui ne se répandirent guère au Nord de Paris avant 1789.

La première tentative de fabrication des tricots à jour ou ornementés semble avoir été entreprise par l'écossais Brotherston, qui, en 1774, appliqua le système de la tire lyonnaise au métier à bas ordinaire, afin d'opérer le basculement des ondes et des platines suivant

l'ordre réclamé par le dessin. Mais les embarras causés par l'addition de la tire firent préférer le système plus simple des cylindres d'orgue à dessins en relief, soulevant isolément, par l'intermédiaire de tiges glissantes, le bec antérieur des aiguilles à crochets. Au commencement du XIXe siècle, et malgré le blocus continental, la Grande-Bretagne inondait notre marché de tricots à jour, unis ou façonnés, et les efforts de la bonneterie française demeuraient impuissants contre cet envahissement.

Les métiers à tricot ne fonctionnaient pas automatiquement, puisqu'ils exigeaient l'intervention de l'ouvrier pour faire mouvoir l'équipage à chariot des platines à ondes. Des recherches persévérantes furent engagées, surtout en France, pour réaliser une marche parfaitement continue. Elles ne devaient pas être suivies de succès avant l'invention du *tricoteur circulaire sans fin*, dont Decroix (1798), Aubert (1802), Leroy (1808), puis Andrieux (1821), imaginèrent les premiers éléments et où le système des platines à ondes cueillant, plissant le fil par leurs chutes successives, faisait place à une *roue mailleuse*, dont la rotation abaissait progressivement le fil sur le corps des aiguilles. Le tricoteur circulaire fut plus tard modifié dans ses organes fondamentaux par un grand nombre de mécaniciens français, notamment par Jacquin (1833) et par Berthelot, et perfectionné au point de produire sans difficulté les dessins ou ornements les plus divers. Tandis que la France établissait ses métiers circulaires, l'Angleterre en faisait aussi, mais de systèmes entièrement différents : après des essais remontant à 1769 et dus à Samuel Wise, Brunel (auteur du tunnel sous la Tamise) construisait en 1816 un tricoteur circulaire, repris et amélioré ensuite par William Paget et Arthur Paget ; Moses Mellor transformait de son côté l'idée primitive de Brunel ; les deux types ainsi imaginés avaient l'avantage d'un petit diamètre correspondant à celui du bas et permettaient à l'industrie britannique de produire des bas tubulaires à des prix jusqu'alors inconnus. Mais on reprochait à la fabrication des tricots en nappes cylindriques l'inconvénient d'exiger, dans la plupart des cas, un découpage, alors que le métier ancien n'entraînait ni la même sujétion, ni les pertes correspondantes : aussi les fabricants de bas s'en tenaient-ils encore, vers 1851, au métier droit.

Ce métier avait reçu plusieurs améliorations. En France, Delarothière s'était distingué par l'invention du métier à chaîne ou à maille fixe et par celle de la mécanique à pieds; dès 1834, le métier à chaîne, combiné avec la jacquard, fournissait des produits de fantaisie recherchés à cause de leur prix de revient modéré. En Angleterre, Luke Barton (1832) et Moses Mellor (1843 à 1850) avaient réussi à faire des métiers presque entièrement automatiques, fabriquant à la fois deux, trois, quatre et même six bas; l'année 1854 vit apparaître l'automatisation complète, y compris les mouvements de diminution, avec les métiers Hine et Mundella, d'une part, Hine, Mundella et Onion, d'autre part.

Le fonctionnement automatique du métier rectiligne à tricoter les bas constitua une des grandes nouveautés de l'Exposition de Londres, en 1862.

Dès lors, le progrès fut rapide. En 1867, grâce à l'application de la double fonture au métier mécanique, grâce aussi à l'heureuse combinaison des transmissions de mouvement, la production du métier rectiligne simple était centuplée. Le métier circulaire ne restait pas en arrière; à sa puissance de fabrication (jusqu'à 500,000 mailles par minute, au lieu de 50,000 comme sur le métier rectiligne le plus complet), était venue se joindre la confection de tricots tout à fait comparables aux produits des métiers droits; il réalisait parfois des effets analogues à ceux du métier Jacquard. Parmi les innovations relatives au métier circulaire, on remarquait un changement profond des systèmes antérieurs, la suppression des platines et de la roue mailleuse, l'adoption d'un nouveau type d'*aiguille self-acting*, qui effectuait elle-même le cueillage et qui avait été inventée en 1853 par Townsond. Ce type d'aiguille apportait au métier une simplification extrême. L'une des conséquences de son emploi était l'apparition du *tricoteur omnibus*, Lamb et Buxtorf, rectiligne par sa forme, mais réunissant les qualités maîtresses des deux systèmes, c'est-à-dire la grande production unie à la variété de forme des pièces.

L'Exposition de 1878 fit ressortir l'usage de plus en plus général des aiguilles self-acting et l'automatisation complète des métiers, même pour la diminution et l'augmentation du nombre des mailles, qu'exigent

les rétrécissements et élargissements du bas tricoté. On constatait l'accroissement de production dû à la division du travail, spécialement dans la fabrication des bas. Plusieurs emprunts directs avaient été faits au matériel du tissage proprement dit, par exemple l'application de l'armure pour les dessins ajourés.

En 1889, le fait saillant était l'extension du domaine des tissus à mailles. Jusqu'alors, le métier à mailles n'avait guère d'autre ambition que de remplacer l'aiguille à tricot; mais, depuis quelques années, les tissus sortant de ce métier empiétaient sur le domaine des tissus à fil rectiligne; des tricots en laine étaient parvenus dans certains cas à se substituer aux draps, après avoir subi le foulage, le lainage et le tondage. La propagation de ces étoffes s'expliquait par la perfection de l'outillage, qui permettait de produire désormais sur le tricot des dessins de différentes couleurs, d'y tracer des rayures ou de lui donner un aspect velouté, tout en lui conservant ses propriétés caractéristiques d'élasticité. Suivant le rapporteur des industries accessoires du vêtement, le métier Paget et ses similaires avaient épuisé leur carrière et allaient s'effacer devant le métier Cotton, vraie merveille de cinématique, dont l'introduction en France remontait à 1867.

L'Exposition de 1900 a montré les anciens métiers, avec des perfectionnements plus ou moins notables : métier-chaîne, fournissant à la ganterie ses meilleurs tissus; métier circulaire à platines ou à mailleuses, outil principal de la bonneterie coupée; métier Cotton, producteur par excellence de l'article diminué; métier rectiligne Onion ou Cotton à côte, pour les articles à côte; tricoteuse rectiligne. Un dérivé du métier à chaîne, également d'origine allemande, prévalait sur le Drekketen; entre autres mérites, il avait celui de faire seul des tissus à double face, pouvant être lainés des deux côtés. Parmi les progrès du métier Cotton, se rangeaient : l'augmentation du nombre des têtes porté à 12, 15 ou 18; l'adoption d'un système de passe-fils donnant des imitations de broderies; l'habile utilisation de la jacquard, seule ou combinée avec les passe-fils, pour l'exécution des dessins à jour; etc. La tricoteuse rectiligne était rendue entièrement automatique et pourvue de 2, 4 ou 6 têtes. D'une manière générale, les machines à tricoter apparaissaient capables de produire les articles

façonnés comme les métiers hollandais ou Cotton. On remarquait une tricoteuse circulaire américaine pour maille carrée, ainsi qu'un métier Jacquard, d'Emmanuel Buxtorf, dans lequel le dessin s'exécutait au moyen de cylindres reproducteurs et par contact électrique.

3. Statistique commerciale. — La situation de la France au point de vue de la fabrication du matériel s'est sensiblement améliorée vers la fin du siècle. Nous avons maintenant, pour les métiers de tissage proprement dits comme pour les métiers à bonneterie, des spécialistes expérimentés et sûrs d'eux-mêmes. Cependant notre pays reste tributaire de l'étranger.

Pendant la dernière période triennale du siècle, l'excédent annuel moyen des importations sur les exportations a été le suivant : métiers à tisser, 1,563,000 francs; métiers à bonneterie, 223,000 francs; métiers à tulles et à dentelles, 1,057,000 francs. Nos achats de métiers à tisser se font en Angleterre, en Allemagne, en Suisse et en Belgique; ceux de métiers à bonneterie, en Allemagne et en Suisse; ceux de métiers à tulles, en Angleterre, en Allemagne et en Suisse.

§ 3. MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DU BLANCHIMENT, DE LA TEINTURE, DE L'IMPRESSION ET DE L'APPRÊT DES MATIÈRES TEXTILES.

1. Observations diverses sur les fibres textiles. — Entre le moment où elles sont enlevées à leur lieu d'origine et celui où elles apparaissent sous forme de tissu teint ou imprimé, les fibres textiles subissent de nombreuses manipulations pour lesquelles l'habileté du mécanicien, la science du chimiste et l'art du dessinateur se prêtent un mutuel concours. C'est surtout le rôle de la chimie qui sera examiné dans ce chapitre.

La chimie prépare les substances propres au blanchiment, extrait les matières colorantes élaborées par la nature, crée de toutes pièces des couleurs bien plus riches, plus belles et plus variées que celles dont les phénomènes naturels ont eux-mêmes réuni et combiné les éléments; elle fournit, dans chaque cas, les procédés les plus convenables de blanchiment, les meilleures méthodes de teinture et d'impression.

Ces procédés et ces méthodes changent notamment avec la nature des textiles. Selon leur espèce, en effet, les fibres possèdent une composition chimique et des propriétés distinctes; tandis que les fibres végétales sont principalement formées de cellulose, la laine et la soie appartiennent au groupe des matières azotées, protéiques ou albuminoïdes, et l'on conçoit sans peine que de telles différences dans la composition entraînent des différences correspondantes dans l'action des réactifs. Pour ne citer que certains exemples, les alcalis, sans influence marquée sur la cellulose et sur les fibres végétales, dissolvent au contraire et altèrent profondément la laine et la soie; les acides peuvent respecter la laine et détruire le coton, le chanvre, le lin; de nombreuses matières colorantes, en particulier celles qui dérivent de l'aniline, se combinent directement à la fibroïne de la soie et à la kératine de la laine, et ne présentent que fort peu d'affinité pour le coton.

Si écourté soit-il, ce simple aperçu permet de comprendre le carac-

tère chaque jour plus scientifique des industries du blanchiment, de la teinture et de l'impression, ainsi que l'infinie variété des moyens dont la mise en œuvre entre dans leur domaine.

Comme la plupart des auteurs ayant écrit sur la matière, je rappellerai d'abord quelques faits intéressants qui se rattachent à l'étude attentive des fibres textiles et de l'action exercée sur elles par les alcalis, les acides ou les sels.

Mercerisées, c'est-à-dire soumises à des lessives caustiques suffisamment concentrées, les fibres végétales subissent une assez forte contraction. Cette propriété a été, depuis longtemps déjà, mise à profit par divers industriels pour produire des reliefs, des effets de crêpage sur les tissus de coton : il suffit d'imprimer sur l'étoffe des bandes à la soude ou encore d'y imprimer des réserves à la gomme et de la passer ensuite à la lessive; la contraction se trouve limitée à certaines parties du tissu et les zones soustraites à l'alcali sont soulevées.

Un autre effet analogue est celui du bosselage, obtenu par les alcalis concentrés sur des tissus mixtes en fils de coton et en fils de laine ou de soie. Les fibres végétales se contractent, alors que les fibres animales conservent leur longueur; on doit avoir soin de ne pas prolonger l'opération et de l'effectuer à basse température, faute de quoi la laine et la soie risqueraient d'être dissoutes.

Le retrait des fibres végétales sous l'influence des alcalis caustiques peut aussi être utilisé pour accroître la force et l'élasticité des tissus légers de coton, avant leur gaufrage à chaud.

Par le mercerisage, le coton acquiert une affinité supérieure pour les colorants et se teint en nuances beaucoup plus foncées.

Une nouveauté de la fin du siècle est le *mercerisage sous tension*, qui donne au coton le brillant et l'éclat de la soie. MM. Lowe, d'une part, Thomas et Prévost, d'autre part, sont les inventeurs du procédé. Le lustre résiste aux lavages. On applique le mercerisage sous tension soit aux écheveaux, soit aux tissus; le coton *similisé* a de nombreux emplois. Des effets de damassé sont obtenus par l'impression de réserves à l'albumine ou à la caséine. L'illusion de l'apparence soyeuse s'accroît au moyen de la compression, à haute température, par un rouleau ou une

plaque métallique portant l'empreinte d'une étoffe de soie ou gravés en hachures.

Pour le jute comme pour le coton, la soude ou la potasse caustiques déterminent une forte contraction et exaltent l'aptitude à prendre les couleurs. Le jute mercerisé offre un aspect laineux; il est très employé dans le Nord de la France.

Quand on imprègne partiellement un tissu de laine avec une lessive de soude caustique ou carbonatée et qu'on le sèche ou le vaporise, puis qu'on le lave, les parties ainsi imprégnées apparaissent avec un ton plus sombre lors de la teinture. L'acide sulfurique peut amener le même résultat. Ce phénomène permet aisément de faire des tissus en deux tons d'une même couleur, de réaliser des effets de broché ou de ciselé; il est aussi susceptible de faciliter la production d'étoffes ayant le fond d'une couleur et le dessin d'une autre.

Aimé Girard avait étudié l'hydratation de la cellulose par les acides forts et décrit, sous le nom d'hydrocellulose, le produit de cette hydratation. Des observations postérieures ont prouvé que le trempage des fibres de coton dans les acides pouvait développer leur affinité pour certaines matières colorantes.

À l'action des acides sur les fibres végétales se lie l'épaillage chimique, opération ayant pour but de débarrasser la laine et les tissus de laine des matières végétales qui y sont mêlées. L'épaillage chimique est fondé sur la destruction de la cellulose par les acides. Parmi les nombreux procédés en usage, on distingue trois types principaux: épaillage par les acides dilués (voie humide); épaillage par les acides gazeux (voie sèche); épaillage par les dissolutions salines (décomposition du sel et action de l'acide sec naissant). Généralement appliqué aux laines en mèches, le premier procédé comporte les manipulations suivantes: lavage et immersion dans un bain d'acide sulfurique étendu à 5 degrés Baumé; égouttage et essorage, les rouleaux exprimeurs devant être préférés à l'essorage centrifuge, qui porte les fibres à se feutrer; passage dans l'étuve, où les substances végétales sont carbonisées avec les précautions voulues pour ne point jaunir la laine et ne pas lui enlever son élasticité; introduction dans des battoirs-broyeurs, qui pulvérisent les matières carbonisées; désacidage par l'eau, le savon et

les cristaux de soude; rinçage. Les tissus blancs ou teints en nuances très solides s'épaillent également par immersion dans un bain d'acide. Quant aux autres articles, on ne les épaille guère qu'au moyen de dissolutions salines (chlorhydrate d'alumine ou chlorure de magnésium).

Une application fort intéressante de l'épaillage chimique est celle qui a pour objet d'ouvrir des jours dans les tissus. La méthode consiste, par exemple, soit à imprimer un tissu laine et coton avec une réserve chimique et à le plaquer en chlorure d'aluminium pour lui faire subir l'épaillage, soit à imprimer sur le tissu du chlorure d'aluminium et à le faire passer par l'étuve. On produit de très belles broderies à jour, en brodant sur coton avec de la laine ou de la soie et en épaillant; inversement, on peut obtenir des broderies de coton à jour, en brodant sur un fond de laine et en le détruisant par la soude caustique.

Soumis à l'épaillage chimique, les fils mélangés acquièrent plus de souplesse et de douceur.

Le crêpage de la laine s'effectue industriellement par l'emploi d'acides, de sels acides, de réducteurs, etc., combiné avec le vaporisage. Il semble que les sulfocyanates présentent des avantages au point de vue du danger d'altération éventuelle de l'étoffe.

Dès 1862, Jules Persoz avait observé l'action dissolvante du chlorure de zinc concentré sur la soie du mûrier et en avait déduit une méthode de dosage pour les tissus mélangés. Ce réactif, moins concentré, est capable de rétrécir et de crêper les tissus de soie. Le crêpage des étoffes de soie se réalise aussi à l'aide des acides.

En 1882, M. Witz s'est livré à de beaux travaux au sujet de l'oxycellulose. Cette substance, développée dans les tissus de coton par le chlorure de chaux et par d'autres agents d'oxydation, décompose les solutions salines métalliques, attire les couleurs basiques, repousse les couleurs de nature acide. La découverte de l'oxycellulose a jeté la lumière sur des faits jusqu'alors inexpliqués; elle a surtout conduit à des observations importantes en ce qui concerne le blanchiment, montré les précautions que nécessite l'usage du chlorure de chaux, établi qu'il fallait recourir exclusivement à des solutions limpides, diminuer la force de ces solutions, réduire le nombre des chlorages, éviter le grand air et la lumière trop vive. Ce n'est pas seulement pour

le coton que ces précautions s'imposent, c'est encore pour les autres fibres végétales, lin, chanvre, jute.

Le chlorage des tissus de laine destinés à l'impression rend les nuances plus unies et plus intenses.

Depuis quelques années, l'industrie tisse des laines dotées d'un éclat soyeux par un traitement au chlorure de chaux, aux acides, au chlore gazeux.

À l'étude des fibres textiles se lient les travaux entrepris par Chevreul et poursuivis par d'autres savants sur la composition des matières accompagnant la laine brute. Le liquide sudorique du mouton renferme les principes de l'urine des herbivores, ou du moins leurs produits de décomposition, et, à l'état de sels de potasse, presque tous les acides de la série grasse, y compris l'acide caprique; il contient aussi de l'acide malique et de l'acide succinique.

Les indications relatives aux soies artificielles trouveront leur place dans un autre chapitre. Je ne veux signaler ici que l'une des substances propres à donner des soies de ce genre, la *viscose* découverte grâce aux travaux récents de MM. Cross, Bevan et Beadle. On prépare la viscose en traitant la cellulose par la soude caustique, puis, en vase clos et à la température ordinaire, par le sulfure de carbone; les grumeaux fournis par la réaction sont solubles dans l'eau. La solution se gélatinise soit lentement à la température ordinaire, soit rapidement à 80 ou 90 degrés, et le viscoïde ainsi obtenu ressemble à la corne, se travaille sans difficulté, peut prendre un beau poli. Entre autres applications de la viscose aux industries qui nous occupent actuellement, il y a lieu de citer, outre le tréfilage : l'emploi en impression, avec des pigments appropriés et notamment du kaolin, pour faire des damassés; l'apprêt des étoffes, en particulier des tissus de coton; la confection de tissus gaufrés, imitant le cuir.

2. Blanchiment. — Quelle que soit leur origine, les fibres textiles contiennent des substances plus ou moins colorées qui leur donnent un ton jaunâtre, fauve, désagréable à l'œil, et dont l'élimination est indispensable non seulement pour ce motif, mais aussi parce qu'elles peuvent altérer considérablement la pureté et l'éclat des couleurs de

teinture ou d'impression. D'autre part, les tissus, à leur sortie de la fabrication, sont recouverts ou imprégnés d'un grand nombre de matières étrangères, corps gras, matières résineuses, apprêts, etc.; parmi ces matières, les unes s'opposent à la fixation de couleurs, les autres agissent comme mordants et déterminent cette fixation d'une manière irrégulière, de telle sorte que, sans leur enlèvement préalable, il serait impossible de produire des teintures unies ou des impressions correctes. On donne le nom de *blanchiment* à l'ensemble des opérations ayant pour objet de dépouiller les fils ou tissus des substances qui les souillent et de les décolorer. Ces opérations chimiques varient avec la nature des fibres.

Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, la méthode généralement en usage pour les *fibres végétales* consistait dans l'action alternative de lessives alcalines plus ou moins caustiques et des rayons solaires. Le blanchiment exigeait plusieurs mois et immobilisait de vastes étendues de terrain. C'est à la fin du XVIIIe siècle que se place la découverte la plus importante dans l'art du blanchiment : Scheele avait isolé le chlore et constaté son action destructive sur les couleurs végétales; en 1785, Berthollet, reprenant les études de Scheele, reconnut qu'il y aurait avantage à substituer une solution de chlore au gaz lui-même et proposa de blanchir les tissus par des immersions alternatives dans des solutions de chlore en bains étendus et dans des lessives alcalines; il donna d'ailleurs la théorie chimique des effets produits par le chlore. La belle découverte de Berthollet constituait une véritable révolution. Watt, qui avait assisté à quelques-unes de ses expériences, en comprit immédiatement la valeur et dota l'Angleterre du blanchiment au chlore, alors que la France se confinait encore dans ses anciens procédés.

Voici quelle est aujourd'hui la méthode classique pour les *tissus de coton*. Tout d'abord, les pièces subissent le grillage ou le flambage, dont le but est d'enlever de la surface du tissu les nœuds, les parties pelucheuses et duveteuses qui la recouvrent[1]. Cette opération s'effectue tantôt par le passage au-dessus d'une plaque métallique chauffée au rouge, tantôt au moyen d'un cylindre grilleur également porté à

[1] Autrefois, on tondait l'étoffe soit à la main et à l'aide de ciseaux courbes, soit au moyen d'une machine dite *tondeuse*.

une haute température, tantôt par l'action des flammes d'un mélange de gaz et d'air, sous une pression de 30 à 80 centimètres d'eau. Des précautions doivent être prises pour éviter que les sels introduits dans l'encollage de la chaîne n'altèrent plus ou moins profondément les fibres lors du flambage.

Après cette opération préliminaire vient le trempage, qui comporte de nombreuses variantes : immersion, pendant vingt-quatre heures, des pièces écrues dans l'eau chaude; mouillage au clapot, où l'étoffe circule dans l'eau et se trouve fortement comprimée entre des cylindres en bois; lavage dans des roues, vastes tambours de bois divisés en compartiments que séparent des cloisons percées de trous; circulation guidée par des roulettes dans des cuves spéciales, puis laminage entre des cylindres presseurs.

Le trempage est suivi du passage au lait de chaux, destiné à attaquer les matières grasses et à les transformer en savons avec élimination de glycérine; ce passage a lieu dans une cuve avec cylindres presseurs et se fait ordinairement à froid. Pour que la saponification s'effectue, il faut soumettre à une longue ébullition le tissu imprégné de lait de chaux. Les appareils employés dans cette phase des opérations sont les uns à haute pression, les autres à air libre ou à basse pression. Chacune des deux catégories d'appareils a ses avantages et ses inconvénients : la première facilite la saponification, mais affaiblit quelquefois le tissu; si la seconde n'offre pas les mêmes dangers pour la solidité de l'étoffe, elle augmente la durée, le nombre et le prix de revient des manipulations. Dans tous les cas, les tissus doivent être traversés de part en part; il importe, d'ailleurs, de ne pas oublier que la chaux attaque énergiquement la cellulose en présence de l'air, surtout à une température élevée. Généralement, les appareils à basse pression sont formés de vastes cuves en tôle avec double fond; la lessive, interposée entre les deux fonds, s'élève, sous la pression de la vapeur, dans un tube terminé par un champignon, se déverse sur les tissus et filtre à travers la masse. Quant aux appareils à haute pression, ils sont constitués par des chaudières closes, dans lesquelles la circulation du liquide est déterminée au moyen d'un courant de vapeur ou mieux à l'aide d'une pompe.

À la suite du premier passage alcalin, le tissu subit un lavage à fond dans des clapots ou appareils analogues. Ce lavage ou dégorgeage présente une extrême importance; il se reproduit, du reste, après chaque opération.

Les pièces complètement nettoyées sont soumises à un passage en acide, qui décompose les savons calcaires, met les acides gras en liberté, dissout l'excès de chaux, les oxydes métalliques et une partie de la matière colorante. On fait usage de l'acide sulfurique ou plutôt de l'acide chlorhydrique. Les appareils consistent en clapots ou cuves de bois à double fond, avec pompe pour relever le liquide et le rejeter au-dessus des tissus.

Un nouveau dégorgeage a lieu. Il est suivi d'un deuxième passage alcalin au carbonate de soude, qui dissout les acides gras et forme avec eux des savons solubles. Le carbonate de soude peut être remplacé par le savon de colophane : celui-ci a la propriété de détruire les matières résineuses inhérentes à la fibre du coton et fonctionnant comme mordants.

Ce second traitement alcalin, complété par un lavage, clôt la phase du dégraissage.

Le tissu doit se trouver alors dépouillé des matières étrangères qu'il renfermait, à l'exception de la matière colorante. Cette dernière est détruite par le chlore. Jadis, on employait une solution aqueuse de chlore; plus tard, on a recouru à une solution de chlorure de chaux, en ayant soin de la prendre absolument claire, précaution indispensable pour éviter que des parcelles en suspension ne se fixent sur le tissu et n'y déterminent des brûlures pendant le passage en acide. Une fois imprégné de cette solution, le tissu est exposé à l'air, dont l'acide carbonique décompose l'hypochlorite de chaux et dégage de l'acide hypochloreux; puis il est traité par un acide faible, ordinairement de l'acide chlorydrique, qui achève cette décomposition et dissout la matière colorante, modifiée par l'action du chlore ou de l'acide hypochloreux. Les appareils utilisés sont des clapots, des réservoirs en ciment ou en pierre à fond perforé, des cuves à roulettes et squeezers.

Enfin tout se termine par un lavage très soigné : s'il restait une quantité même très minime d'acide en contact avec la fibre, cet acide

IMPRIMERIE NATIONALE.

se concentrerait par la dessiccation et déterminerait une altération du tissu.

À ce moment, le blanchiment est achevé. Les opérations subséquentes, telles que le séchage soit à l'air libre, soit au tambour à vapeur, après essorage à l'hydro-extracteur ou au squeezer, ne s'y rattachent qu'indirectement.

Telle est, dans ses grandes lignes, la méthode en quelque sorte classique pour les tissus de coton. Il convient de réduire autant que possible le chlorage, toujours plus ou moins dangereux, sinon au point de vue de la solidité des fibres, du moins au point de vue de la teinture ou de l'impression, sauf à accroître le nombre et la durée des lessivages alcalins.

D'autres procédés sont également en application. H. Kœchlin a préconisé le suivant : passage à froid dans un bain d'acide sulfurique à 2 degrés Baumé; lavage à fond; trempage dans une solution de soude caustique et de bisulfite de soude à la température de 70 degrés; traitement dans un grand cylindre horizontal en tôle par une solution de soude caustique et de soude avec de la colophane, sous une faible pression; chlorage; passage au clapot dans de l'acide sulfurique très étendu; rinçage final. Certains systèmes excluent l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Il en est qui proscrivent tout traitement acide, tout lessivage à chaud, et ne comportent qu'un léger lessivage à froid ou même un mouillage à l'eau pure, suivi de la décoloration par un hypochlorite de soude. Le chlore agissant comme oxydant, on a cherché, mais sans grand succès pratique, à le remplacer par l'eau oxygénée. Une méthode de chlorage, due à M. Hermite et justement appréciée, est celle de l'électrolyse des chlorures alcalins ou alcalino-terreux.

En ce qui concerne le matériel, je me suis borné à la citation d'exemples. Les appareils présentent une infinie variété, mais n'offrent pas assez d'intérêt pour que leur étude de détail prenne place dans cet exposé sommaire.

Les *écheveaux de coton* sont lavés à l'eau bouillante, passés en chlorure de chaux et en acide, puis rincés, quand on ne veut arriver qu'au blanc ordinaire. Pour le blanc fin, les opérations comprennent un lessivage au sel de soude, un lavage, un passage en chlorure et un

passage en acide, répétés une ou deux fois; elles se terminent par un lavage et un azurage.

Bien que le *chanvre* et le *lin* se rapprochent du coton par la composition de leurs fibres, ils offrent cependant un caractère spécial méritant d'être signalé. Je veux parler de la très forte proportion de matières résineuses, gommeuses et colorantes, mêlées à la cellulose. Le lin peut perdre ainsi jusqu'à 30 p. 100 de son poids pendant le blanchiment, alors que la perte du coton ne dépasse pas 5 p. 100. Cette abondance de matières étrangères conduit souvent à opérer le blanchiment sur le fil de préférence au tissu, parce que leur disparition laisse dans l'étoffe des vides préjudiciables à sa résistance.

Le blanchiment des *fils de lin et de chanvre* peut se faire à deux degrés. Pour le premier, dit *crémage,* on pratique un lessivage au sel de soude, un lavage, un passage en chlorure de chaux, un passage en acide et un lavage. Arrêté à ce point, le blanchiment laisse aux fibres plus de poids et de résistance; les fibrilles qui les composent restent collées les unes aux autres, mais la nuance jaunâtre demeure très prononcée. Souvent, on accuse cette nuance du fil crémé et on la rend plus franche par une immersion dans de l'eau tenant en suspension de l'ocre pulvérisée; la coloration factice ainsi obtenue cède à des lavages prolongés. Quant au second degré de blanchiment, il est constitué par des lessivages et des passages en chlore.

Pour les *tissus*, il est avant tout indispensable de faire disparaître l'apprêt ou parou : en général, on se sert d'une décoction d'orge germée qui, à 35 degrés, transforme les matières amylacées en dextrine soluble dans l'eau. Ensuite viennent des opérations multiples, dont le nombre tend toutefois à décroître et qui comprennent, par exemple, un trempage, un lavage, une exposition sur pré, un lessivage à l'eau de chaux bouillante, un lavage, un passage en acide sulfurique, un lessivage au sel de soude, deux lavages suivis chacun d'une exposition sur pré, un nouveau lessivage au sel de soude, un passage en chlorure de chaux, un passage en acide sulfurique et un dégorgeage.

Un procédé anglais, applicable au *jute,* supprime les traitements alcalins énergiques et leur substitue l'action de corps réducteurs; le

chlorure de chaux est remplacé par un chlorure de soude, et les opérations s'achèvent par une immersion en sulfite de soude. La matière incrustante du jute peut absorber des quantités considérables de chlore; M. Albert Scheurer conseille de diminuer la force de l'hypochlorite, au fur et à mesure que les opérations se succèdent.

Comme le blanchiment des fibres végétales, celui des *fibres animales* se divise en dégraissage et décoloration. Pour le dégraissage, il ne peut plus être question d'alcalis caustiques et de chaux, qui altéreraient les fibres: on emploie des bains de savon ou de cristaux de soude, fréquemment répétés et maintenus à des températures peu élevées. Pour la décoloration, on recourt à des agents chimiques autres que le chlore, notamment à l'acide sulfureux.

La *laine*, telle qu'elle est prise sur le dos du mouton, s'appelle *laine surge* ou *laine en suint* et contient, outre l'argile, le sable et les débris de toute nature qui la souillent, une matière colorante fauve, ainsi qu'une substance grasse, produit de l'exsudation du mouton, plus ou moins modifié par les agents extérieurs. On sait que le suint peut atteindre jusqu'à 55 p. 100 du poids de la laine. Presque toutes les matières composant le suint sont solubles dans l'eau; aussi commence-t-on toujours par un lavage à l'eau pure. Cette opération préliminaire s'effectue souvent sur le dos même de l'animal: les laines ainsi préparées prennent la dénomination de *laines lavées à dos;* elles perdent dans ce traitement de 20 à 30 p. 100 de leur poids. Quand le lavage a lieu sur la laine en toison, on opère dans des cuves, de telle sorte que le suint s'y accumule peu à peu, fournissant à l'eau des savons et des corps gras qui facilitent le dégraissage. Divers procédés, comme un passage dans de l'eau tiède additionnée de savon vert ou de soude caustique, permettent l'enlèvement des matières grasses que renferme encore la laine désuintée. Une fois le dégraissage terminé, la laine reçoit un lavage complet.

Ensuite on procède à la décoloration par l'acide sulfureux gazeux, dans des chambres ou soufroirs susceptibles d'une fermeture hermétique; une toile grossière étendue au-dessous des laines tamise le gaz qui, sans cette précaution, jetterait sur elles des impuretés

entraînées par les vapeurs. Quand le blanchiment est terminé, les laines sont desséchées soit à l'hydro-extracteur, soit au moyen d'une machine analogue aux squeezers, soit à l'air libre dans des étendages.

Les *fils* et *tissus de laine* subissent des opérations analogues. En général, le blanchiment des tissus donne de meilleurs résultats que celui des laines en toison. Du reste, il y a lieu de remarquer que, si la laine doit toujours être soumise à des traitements avant la filature et le tissage, l'ensimage nécessaire à la filature n'en exige pas moins dans tous les cas un blanchiment soigné des tissus. Le blanchiment s'applique non seulement aux articles qui doivent rester tout à fait blancs, mais encore à ceux qui doivent être imprimés, c'est-à-dire recevoir des dessins variés de forme et de couleur, et dans lesquels des effets blancs seront ménagés. Pour la première catégorie d'articles, le blanchiment est exceptionnellement soigné et aboutit au blanc de vente; pour la seconde, on réalise le blanc d'impression. Avant le dégraissage des étoffes, il faut enlever le duvet qui masque le grain du tissu, soit à l'aide de la tondeuse, s'il s'agit de blanc de vente, soit à l'aide de la flamme du gaz, s'il s'agit de blancs ordinaires; la pièce se dégraisse en passant successivement dans des bains de carbonate de soude et de savon, à une température variant de 25 à 40 degrés, puis dans un bain de rinçage à l'eau pure; au dégraissage succède le blanchiment par l'acide sulfureux gazeux; les tissus blanchis sont fortement rincés et azurés avec des couleurs dérivées de l'aniline, opération délicate à cause des inégalités que peut offrir la teinte sur les différentes parties de la pièce.

En 1889, M. Persoz recommandait très fermement la décoloration à l'eau oxygénée, comme offrant l'avantage de détruire la couleur jaune des laines, tandis que l'acide sulfureux masquait simplement cette couleur et la laissait reparaître si les fibres subissaient plus tard un traitement énergique à l'eau bouillante, aux alcalis ou aux acides forts. L'emploi de l'eau oxygénée a pris beaucoup d'extension.

Quelques appareils sont spéciaux au blanchiment des laines. Outre les soufroirs déjà mentionnés, je citerai des chaudières en cuivre, garnies intérieurement de toile, et des barques en bois, à roulettes, chauffées à la vapeur au moyen d'un serpentin.

La *soie* grège est toujours souillée par des matières étrangères, matières grasses et résineuses, matière colorante, sorte de cire analogue à celle des abeilles. Il existe des méthodes assez variées de blanchiment, suivant la nature et la destination des fibres. En voici quelques-unes, à titre d'exemples.

Pour les soies de première qualité, destinées aux tissus riches, ou soies cuites, on procède successivement au dégommage ou décreusage, à la cuite et à la décoloration, quand la matière n'est pas blanche à l'état brut et doit être teinte en nuances claires ou employée blanche. Le décreusage s'effectue à l'aide d'une dissolution de savon, vers la température de 90 ou 95 degrés, dans des chaudières en cuivre surmontées de perches en bois ou de bâtons en verre; ensuite vient la cuite par ébullition dans une dissolution de même nature. Ces opérations font perdre à la soie environ 25 p. 100 de son poids; elles ne sauraient être prolongées trop longtemps sans enlever aux fibres une partie de leur substance. Après le décreusage et la cuite, on lave les soies à l'eau courante, on leur donne un léger passage en acide sulfurique très faible et on leur fait subir deux dégorgeages, l'un à l'eau chaude, l'autre à l'eau froide. La décoloration est produite par le gaz acide sulfureux.

Le traitement des soies souples, de seconde qualité, comprend un passage en eau régale, un lavage à grande eau, un soufrage, un passage en savon faible et des passages à l'eau bouillante; il ne fait perdre que 18 à 20 p. 100 du poids.

Pour les tissus ordinaires, teints en couleurs foncées, on se borne quelquefois à une demi-cuite, c'est-à-dire à un passage à 100 degrés dans un bain de soude, suivi d'un simple lavage.

Dès avant l'Exposition de 1878, un fait capital s'était réalisé : la découverte d'un moyen pratique pour décolorer les soies sauvages ou soies tussah, envoyées par les régions asiatiques. La grège tussah se présente sous forme d'écheveaux ayant une teinte plus ou moins brune. À l'origine, elle était utilisée avec sa couleur naturelle dans la confection de tissus mixtes imitant l'écru. Après une longue suite de recherches commencées vers 1849, Tessié du Motay trouva en 1875 la décoloration au bioxyde de barium : la soie était maintenue

pendant une heure dans un bain de bioxyde chauffé à 80 degrés, lavée, mise dans un bain aiguisé d'acide chlorhydrique et rincée; l'oxygène abandonné par le bioxyde de barium détruisait la coloration. Toutefois le bioxyde de barium avait l'inconvénient de durcir la fibre et d'en altérer la solidité; un progrès sérieux consista dans l'emploi de l'eau oxygénée, en présence des alcalis et particulièrement de l'ammoniaque; cette eau s'obtenait par la décomposition du bioxyde au moyen de l'acide carbonique ou plutôt de l'acide fluorhydrique. L'addition de magnésie ou de silicate de soude aux bains de blanchiment (au lieu de soude caustique ou d'ammoniaque) réduit la dépense d'eau oxygénée. Parfois, le traitement se fait à l'aide du peroxyde de sodium, additionné de sulfate de magnésie. Le peroxyde de sodium ou l'eau oxygénée peuvent aussi être employés en présence d'alcools, d'aldéhydes ou d'acétones.

3. Teinture et impression. — La teinture et l'impression se touchent de très près. Elles ont l'une et l'autre pour but de colorer les fibres textiles; elles mettent en œuvre les mêmes matières premières; elles peuvent du reste se combiner et se prêter un mutuel concours. Mais, tandis que dans la teinture on réalise ordinairement des couleurs unies, l'impression produit au contraire des dessins coloriés. La teinture s'applique aux fibres brutes, aux filés, aux tissus; l'impression, exigeant une surface quelque peu étendue, ne concerne que les tissus [1].

Si loin que l'on remonte dans l'antiquité, on trouve déjà en usage l'art de colorer les fibres textiles et les tissus. Toutefois les peuples anciens ne paraissent pas avoir connu l'impression proprement dite. Celle-ci est apparue en France, en Angleterre, en Suisse, en Hollande, pendant le cours du XVIIe siècle. Une de nos premières manufactures importantes de cotonnades imprimées fut fondée en 1759 par Oberkampf, à Jouy près de Versailles; bientôt des établissements analogues s'élevèrent en Normandie, à Bolbec, à Rouen, à Maromme. De leur côté, Mulhouse et le Haut-Rhin entrèrent en lice et marchèrent à grands pas vers la prééminence qu'allaient leur assurer les travaux des

[1] Exceptionnellement, elle s'applique aux écheveaux pour le chinage.

Haussmann, des Kœchlin, des Dollfus, des Hartmann, des Schlumberger, des Schwartz, etc.

Notre pays occupa dès lors un rang élevé dans l'art de l'impression aussi bien que dans celui de la teinture. Le mérite en revient non seulement aux industriels, mais aussi à une pléiade d'illustres chimistes, en tête desquels se placent Berthollet, Chaptal et Chevreul.

Après ces très courtes indications historiques, rappelons brièvement les principes généraux de la fixation des couleurs.

La teinture n'a pas pour but unique de colorer les fibres et les tissus; elle doit fixer la couleur. Cette fixation ne peut d'ailleurs être simplement superficielle, comme le serait celle d'une couleur disposée sur une surface imperméable. Il faut que la matière colorante imprègne le corps de la fibre et s'y fixe ensuite soit mécaniquement, soit par affinité chimique. On ne saurait considérer comme une teinture l'application des couleurs insolubles au moyen d'un vernis siccatif ou de l'albumine, quelle que soit d'ailleurs l'importance de ce procédé pour l'industrie des toiles peintes.

Quand on veut fixer une couleur autrement que par application, il faut avant tout l'amener à l'état de solution : c'est une condition *sine qua non* pour qu'elle pénètre dans la profondeur de la fibre et se répande uniformément à la surface.

Si la matière colorante est insoluble par elle-même, on la dissout au moyen d'un dissolvant physique ou chimique comme l'alcool, l'esprit de bois, les alcalis, les acides, certains sels; parfois, on ramène la substance par des réducteurs à l'état de matière susceptible de se dissoudre dans l'un ou l'autre de ces dissolvants. Cela fait, on imprègne la fibre. Tantôt le corps insoluble est faiblement retenu par le dissolvant et cède à l'attraction plus puissante de la fibre, s'y précipite, s'y incorpore, s'y emprisonne en quelque sorte. Tantôt l'affinité du dissolvant l'emporte sur celle de la fibre, et il devient nécessaire d'opérer le déplacement du composé insoluble par un artifice convenable, de le précipiter de telle sorte qu'il s'incorpore à la fibre et y soit ensuite retenu mécaniquement. Une fois précipitées soit par attraction de porosité, soit par réaction chimique, les couleurs insolubles sont rete-

nues dans la fibre et empêchées d'en sortir, pour la raison même qui s'opposait à leur pénétration sous forme solide.

Les fibres animales, laine et soie, ont la propriété remarquable de précipiter et de retenir énergiquement beaucoup de matières solubles, telles que l'acide sulfoindigotique, les dérivés de l'aniline, l'acide picrique, l'éosine, etc. Il se forme là une véritable combinaison chimique plus ou moins stable. C'est la forme la plus simple de la teinture, puisqu'elle ne fait intervenir que deux éléments, la fibre et la matière colorante.

Dans le cas d'affinité faible ou nulle de la matière colorante pour la fibre, on imprègne celle-ci d'une substance insoluble, faisant corps avec elle et jouissant de la propriété de se combiner avec la matière colorante : cette substance intermédiaire, dont la destination est de modifier l'inertie de la fibre, reçoit le nom de *mordant*. La fibre mordancée agit alors comme agiraient la laine et la soie sur les couleurs d'aniline.

Les résultats tinctoriaux varient dans des limites très étendues sous l'influence de conditions physiques ou chimiques très multiples. Pour les traduire, Chevreul a établi une nomenclature basée sur la couleur (rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet-rouge, formant 72 types), sur le ton et le degré d'intensité (couleur pâle, tendre, faible, délicate ou vive, vigoureuse, sombre, formant 21 tons), sur le degré de pureté ou de mélange au gris et au noir (couleur franche, fraîche, fine, pure ou éteinte, terne, rabattue, brune, formant 10 degrés). L'illustre savant distinguait ainsi 14,420 nuances représentées par des cercles chromatiques.

Dans l'impression, les couleurs sont fixées aux tissus, tantôt par une véritable teinture, tantôt encore par d'autres procédés. À ce point de vue, on les a souvent divisées en trois catégories : 1° couleurs de teinture; 2° couleurs-vapeur; 3° couleurs d'application. M. Paul Schutzenberger a proposé une autre classification des méthodes de coloration et distingué la fixation mécanique des couleurs insolubles, la combinaison de la matière colorante aux fibres, l'incorporation de la couleur aux fibres sans combinaison chimique. De courtes indications

suffiront pour mettre en lumière le lien entre ces deux classifications, qui, du reste, ne sont pas les seules.

Pour la fixation mécanique des couleurs insolubles, on applique la matière colorante en poudre impalpable et on la fixe par l'intermédiaire d'un corps qui devient solide et généralement insoluble en présence de la fibre, comme l'albumine, le gluten, la caséine, la gomme-laque. Ces substances jouent le rôle de fixateurs plastiques. Il y a là un procédé rappelant par ses effets la peinture à l'huile; les premiers essais ont été faits en 1820 par Blondin, à la Glacière, avec de l'outremer naturel.

La combinaison de la couleur avec la fibre s'obtient de deux manières. On peut opérer par immersion dans un bain de matière colorante, après avoir imprimé préalablement une préparation qui s'oppose à la teinture (réserve), ou sauf à détruire la couleur par places en appliquant après teinture une préparation appropriée (enlevage). On peut aussi imprimer la matière colorante en dissolution épaisse et déterminer la teinture par exposition du tissu à une chaleur humide, généralement à l'action de la vapeur d'eau; ce genre comprend une partie des couleurs-vapeur sur laine et soie.

Quant à l'incorporation sans combinaison chimique, elle se réalise par des moyens très divers : fixation, par attraction de surface, de la couleur au moment où elle se sépare d'un dissolvant; précipitation, par attraction de porosité, de la couleur faiblement unie à un dissolvant; fixation par une action oxydante qui précipite la couleur et développe en même temps la nuance; application de la couleur dissoute et volatilisation par l'exposition à l'air ou par le vaporisage; formation de la couleur sur la fibre par double échange entre deux sels, un sel et un hydrate d'oxyde ou un carbonate alcalin; application des éléments constituants d'une couleur en solution chimique et dans un état tel que, sous l'influence de la chaleur humide (vaporisage pour une grande partie des couleurs-vapeur) ou du temps (pour un grand nombre de couleurs dites d'application), ils se réunissent et forment la couleur insoluble qui deviendra en même temps adhérente.

Les explications sommaires qui précèdent montrent les combinaisons susceptibles d'être établies entre la teinture au bain et l'impression. Il convient d'y insister un peu.

Ces combinaisons si intéressantes consistent soit à imprimer avant teinture des réserves qui s'opposeront à la fixation de la couleur, soit à imprimer de même avant teinture des dessins formés par une matière qui modifiera la nuance déposée par le bain, qui la convertira, soit à imprimer sur le fond teint des rongeants qui détruiront la couleur du fond, soit encore à imprimer après teinture des couleurs qui modifieront la teinte par superposition ou par conversion.

Les *réserves* agissent, tantôt en repoussant pour ainsi dire la couleur (réserves mécaniques), tantôt en précipitant la matière colorante avant son contact avec la fibre textile, en détruisant cette matière ou en l'altérant (réserves chimiques), tantôt en l'absorbant et empêchant son action sur la fibre (réserves physiques). Il y a les blancs réserves, laissant apparaître la couleur propre du tissu, et les couleurs réserves, donnant après teinture une nuance déterminée.

On distingue, parmi les *enlevages*, les blancs enlevages et les couleurs enlevages.

Aux *conversions* chimiques se rattachent les conversions mécaniques faisant, par exemple, apparaître des dessins fond sur fond, comme dans le genre *frappé*, ou provoquant des inégalités de réflexion de lumière, comme dans le genre *moiré*.

Les couleurs-vapeur, déjà citées, offrent de précieuses ressources à l'impression et agrandissent chaque jour leur domaine. Elles se développent par une action plus ou moins prolongée de la vapeur d'eau. C'est un genre qui permet, grâce aux machines à plusieurs couleurs, d'imprimer à la fois et de fixer simultanément, par une seule opération, toutes les nuances d'un dessin. Il comprend : les couleurs insolubles fixées à l'albumine; de nombreuses préparations renfermant les matières colorantes nouvelles, dérivées de l'aniline et de ses homologues; les anciennes couleurs-vapeur, dans lesquelles entrent, d'une part, les matières colorantes naturelles, pouvant se fixer par le con-

cours de mordants minéraux et employées sous forme d'extraits ou de décoctions, et, d'autre part, une préparation métallique, susceptible de fournir à la matière colorante l'élément basique qui lui est nécessaire pour former une laque. Dans ce dernier cas, la vapeur détermine la précipitation de la laque. Actuellement, la prépondérance appartient aux couleurs sur tanin, parmi lesquelles se placent la plupart des couleurs d'aniline.

On se sert presque exclusivement des couleurs-vapeur pour l'impression sur laine ou sur soie. L'usage s'est répandu de chlorer les tissus de laine, ce qui exalte leur aptitude à prendre la couleur; un traitement à l'acide sulfureux devient alors nécessaire pour annihiler les effets de l'excédent de chlore et pour empêcher la laine de jaunir au vaporisage.

Chevreul a étudié le rôle fixateur de la vapeur d'eau et prouvé qu'elle n'agit pas seulement à titre de moyen calorique, puisqu'on ne peut la remplacer par la chaleur sèche.

Il convient d'éviter l'emploi simultané de couleurs dégageant, au vaporisage, des vapeurs acides ou alcalines qui nuiraient à l'une ou à l'autre d'entre elles.

Une étude, même rapide, des couleurs trouvera plus naturellement sa place dans le chapitre de l'industrie chimique.

Parmi les autres matières premières, les *épaississants* jouent un rôle considérable. Leur but essentiel est de donner du liant et de la viscosité à la couleur. On emploie, à cet effet, l'amidon, la fécule, la farine, la dextrine, le british-gum (obtenu par le grillage de l'amidon de maïs), des dérivés de l'amidon et de la fécule préparés au moyen de traitements par les acides, différentes variétés de gommes (gomme du Sénégal, gomme arabique, gomme adragante, etc.), certains épaississants d'origine animale, tels que l'albumine et la caséine, parfois des produits minéraux insolubles comme le kaolin et la terre de pipe, l'algine ou la gélidine tirées des algues, etc. M. Jules Meyer est parvenu à corriger le défaut de stabilité des solutions de gomme, de dextrine, de gommeline, de british-gum, en soumettant ces substances à la cuisson sous pression avec de la chaux caustique; il a également

réussi à bien dissoudre les gommes de l'Inde par le chauffage sous la pression d'une atmosphère.

L'albumine, la caséine, la gélatine n'ont pas pour unique objet de communiquer au liquide la viscosité voulue; elles servent de fixateurs plastiques pour les couleurs insolubles ou de mordants pour certaines matières colorantes. C'est l'albumine qui constitue l'épaississant d'origine animale le plus répandu; toutefois sa fonction, jadis étendue dans l'impression des tissus de coton, a beaucoup diminué. Au nombre des couleurs appliquées à l'aide de fixateurs plastiques, figurent l'outremer, le vert Guignet, le vert de Schweinfurt, le blanc de zinc, le gris de charbon, les jaunes et oranges de chrome, l'oxyde ferrique, le vermillon, le carmin de cochenille, les poudres métalliques.

Nous avons vu précédemment que certaines matières colorantes ne pouvaient se fixer sans l'intermédiaire de corps étrangers ou *mordants*, avec lesquels elles s'unissent pour former une laque. Les mordants métalliques le plus communément employés sont ceux d'alumine (sulfate basique, souvent fixé par l'intermédiaire d'un acide gras; aluminate; nitrate basique; acétate; etc.), de fer (pyrolignite, etc.), de chrome (chrome alcalin, sulfate basique, bisulfite, mélange de chromate neutre et de sulfite d'ammoniaque, chromate de chrome, acétate basique, etc.); on recourt aussi, mais plus rarement, au nickel et au cobalt. Dans certains cas, le mordant est incorporé à la fibre avant teinture; dans d'autres, on imprime une préparation contenant à la fois la matière colorante et le mordant, puis on détermine par la vapeur d'eau la fixation du mordant et sa teinture sur place. Certaines matières colorantes, comme l'alizarine, donnent naissance à des laques de nuances très différentes, selon la nature du mordant. La teinture sur mordants métalliques a diminué pour les articles imprimés, mais non pour les fonds couverts et surtout pour les unis.

Le véritable mordant des couleurs basiques est le tanin. Imprégnés d'une solution tiède de tanin, les écheveaux ou les pièces sont de suite passés en émétique, lavés et teints.

Une pratique qui s'est considérablement développée depuis vingt ans est celle de la *charge* des soies; elle a, d'ailleurs, été perfectionnée

de façon à mieux ménager la fibre. On emploie beaucoup le bichlorure d'étain, qui donne à la matière un toucher particulier, convenant bien à certaines étoffes, et respecte néanmoins le brillant comme la solidité de la soie; le procédé consiste à tremper dans une solution froide de bichlorure, à essorer, à laver légèrement, à passer dans un bain de carbonate ou mieux de phosphate de soude et de savon; aucune gêne n'en résulte pour la teinture, si l'on a égard au rôle que l'oxyde d'étain peut jouer, en qualité de mordant, vis-à-vis de certaines matières colorantes. Le sesquioxyde de fer hydraté est approprié aux noirs et à quelques nuances foncées; on utilise surtout le mordant de rouille, obtenu en traitant par l'acide nitrique un mélange de sulfate de fer et d'acide sulfurique; l'oxyde de fer vaut mieux que l'oxyde d'étain, au point de vue de l'altérabilité de la fibre par l'air et par la lumière, mais peut rendre la soie très combustible, inconvénient auquel on remédie par le tanin; ajoutons encore que la charge à l'oxyde de fer contribue à l'obtention de la couleur et à la fixation ultérieure des astringents. Exclusivement usitées autrefois pour les noirs, les charges au tanin peuvent maintenant trouver leur emploi pour les nuances les plus claires.

De même que le matériel du blanchiment, celui de la teinture et de l'impression est très varié. Le cadre de cette revue m'oblige à citer seulement les appareils les plus usuels.

La teinture de la laine et du coton peut se donner sur la fibre brute simplement nettoyée, sur le filé ou sur le tissu ouvré; celle du lin, du chanvre et de la soie ne se donne que sur le filé ou le tissu. À peine y a-t-il lieu de faire remarquer que le matériel varie selon l'état de la matière et se modifie aussi dans une certaine mesure avec la nature de la fibre.

En tout cas, la substance est nécessairement immergée dans des solutions qui exigent l'emploi de terrines, baquets, cuves cylindriques ou rectangulaires, cuviers, tonneaux, barques ou caisses rectangulaires, chaudières en cuivre étamé, récipients doublés de plomb, etc. Diverses machines sont venues successivement faciliter la manutention, en substituant le travail mécanique au travail de l'homme.

Autrefois, le feu nu était en usage pour les chaudières métalliques. Maintenant, le chauffage est presque exclusivement opéré à la vapeur. Si l'on ne craint pas d'étendre le bain par la condensation, la vapeur y arrive directement, au moyen d'un tuyau percé d'orifices répartiteurs; sinon, elle circule soit dans des serpentins, soit dans des enveloppes doubles.

Pour les matières filamenteuses non filées, le teinturier peut être conduit à remuer et à retourner la fibre avec des crochets. Souvent, la circulation du bain colorant est assurée par une pompe.

Le procédé rudimentaire, en ce qui concerne les écheveaux, consiste à tremper dans une cuve, à fouler et à opérer des torsions manuelles. Il existe de nombreuses machines, dont les organes caractéristiques sont, par exemple, les suivants : paires de cylindres horizontaux entre lesquels s'engagent les écheveaux et dont la rotation fait passer successivement toutes les parties des fils dans le bain, en même temps que leur pression exprime le liquide; jeux de bâtons triangulaires tournants et cylindres exprimeurs; bâtons de forme aplatie, que commandent des engrenages et sur lesquels les flottes reçoivent tous les mouvements ordinairement effectués à la main; doubles jeux de chevilles, les unes supérieures tournant autour d'un axe horizontal, les autres inférieures tournant autour d'un axe vertical, s'élevant pour suivre le raccourcissement produit par la torsion des flottes et soulevant un poids qui remplace l'effort musculaire de l'homme; etc.

Fréquemment, les étoffes doivent être tendues pendant leur passage dans le bain; même alors que cette disposition est inutile, les appareils diffèrent de ceux qui sont en usage pour les flocons ou les filés. On peut citer : la *champagne*, cuve dans laquelle l'étoffe se trouve tendue par deux cadres supérieur et inférieur, de forme hexagonale; les cuves à roulettes, avec rouleaux exprimeurs, où le tissu parcourt des circuits multiples; des cuves spéciales de teinture et de savonnage, dans lesquelles les pièces tordues en torchon circulent sous l'action d'un tambour supérieur; les machines classiques à foularder.

L'avivage de certaines teintures exige une température supérieure à 100 degrés, et par conséquent des opérations en vase clos. Un dispo-

sitif usuel est celui de deux chaudières à double fond, chauffées l'une à feu nu et l'autre par la vapeur de la première.

Après la teinture viennent le lavage et le dégorgeage, faits à l'aide de clapots, de roues à laver ou d'autres machines dites *laveuses* et *dégorgeuses*.

Les séchoirs occupent une place importante dans la teinture. Tantôt ils sont simplement aérés à la température ordinaire; tantôt ils fonctionnent à chaud. Parfois, la matière textile essorée y parcourt de longs circuits, grâce à des chaînes sans fin. Dans quelques cas, on aide à la dessiccation par des châssis ou branloires. Souvent enfin, les tissus sont desséchés instantanément par le passage sur des tambours que chauffe de la vapeur.

Il me reste à citer les appareils d'oxydation. L'un d'eux est formé par une chambre close, où arrive de la vapeur et au travers de laquelle le tissu passe un grand nombre de fois; des cheminées et des ventilateurs pourvoient à l'évacuation des vapeurs acides.

Au commencement du XIXe siècle, on imprimait à la planche en relief, à la planche plate en taille-douce, au cylindre également en taille-douce (deux et trois couleurs en Angleterre, une seule en France). Certaines couleurs d'enluminage s'appliquaient au pinceau, et d'autres à la planche.

Bientôt, les Anglais eurent recours, pour l'impression en relief, à des cylindres dits *métiers de surface;* essayé plusieurs fois chez nous, le procédé n'y réussit pas. La planche plate gravée en relief resta assez longtemps sans progrès autre que des perfectionnements secondaires (accouplement de bois divers; substitution du buis au poirier et au cornouiller, dans les planches affectées à des dessins délicats). Spœrlin et Jean Zuber imaginèrent, en 1824, le genre *fondu,* plus tard désigné sous le nom d'*ombré;* ils montrèrent que des couleurs différentes, logées dans un baquet à compartiments, pouvaient être relevées avec la planche et appliquées sur le tissu en autant de dégradations de nuances; toujours effectués au début parallèlement à la direction de la chaîne, les fondus furent ensuite réalisés dans tous les sens. Cette méthode d'impression amena la découverte du châssis à comparti-

ments, qui fit la fortune des imprimeurs parisiens et à l'aide duquel un certain nombre de couleurs imprimées sur la planche gravée se transportaient simultanément sur le tissu. En 1835, Perrot créa une machine dite *perrotine*, qui, moyennant l'emploi du châssis à compartiments, imprimait mécaniquement quatre couleurs et même davantage, avec une netteté et une précision irréprochables.

Mais le succès de la perrotine, en France, et des métiers à surface, en Angleterre, exigeait l'invention du clichage; Hoffmann, de Schlestadt, qui avait trouvé la solution du problème (1783-1790), mourut sans avoir mis ses idées en pratique. On commença par des *clichés au plâtre*, comme pour la typographie. Puis vinrent les *clichés au bois* : après avoir implanté dans un bloc de tilleul des lames de cuivre composant le sujet et formant saillie, on y coulait de l'étain; retirée, la lame d'étain entraînait les feuilles de cuivre et, par suite de la carbonisation du bois, laissait une matrice dans laquelle on coulait l'alliage et dont on pouvait tirer autant d'épreuves que de besoin. L'Angleterre grava immédiatement la matrice en creux, à l'aide de mèches et avec le concours du gaz, pour carboniser le bois : ce furent les *clichés au gaz*. Vers 1850, apparurent les clichés moulés en gutta-percha.

Pour l'impression en creux, il est juste de mentionner d'abord une machine à planche plate, due à Durand, de Lyon; cette machine disparut avec l'inventeur. Le rouleau faisait merveille : avec les appareils construits aux environs de Manchester, on imprimait huit, dix et douze couleurs à la fois; nos constructeurs n'allaient qu'à quatre ou cinq.

Jusqu'en 1820, on gravait les cylindres à la main et au poinçon, du moins en France. Bien avant cette époque, les Anglais avaient imaginé de graver d'abord un petit cylindre miniature en acier, ou *molette*, de le tremper, de transporter la gravure en relief (par une *machine à relever*) sur une autre molette d'une surface égale ou multiple, de soumettre cette seconde molette à la trempe et de l'appliquer à son tour sur le cylindre en cuivre. L'Angleterre (1820), la France et la Suisse (1824) inaugurèrent l'emploi du tour à guillocher pour la gravure des cylindres. Dès lors, la gravure ne cessa de recevoir d'utiles modifications, parmi lesquelles on constatait la tendance rationnelle à user des mêmes artifices dans la gravure des molettes que dans la gravure des

cylindres : cette tendance fit naître la *molette canevas*, servant à graver la molette proprement dite. Les graveurs français accomplirent, vers 1840, au point de vue de l'impression des fonds couverts, d'immenses progrès dont le caractère est trop technique pour que j'y insiste ici.

Tel était le bilan de la première moitié du XIXe siècle. Depuis, la marche en avant a continué, et, sans qu'il y ait eu de découverte capitale postérieurement à 1850, le matériel ne s'en est pas moins considérablement transformé.

Pendant un délai encore assez long, trois systèmes d'impression ont vécu côte à côte : impression à la main, au moyen de planches plates en relief; impression mécanique à la planche plate en relief; impression continue au rouleau gravé en creux.

Il y avait plusieurs sortes de planches plates en relief, pour l'impression à la main : des planches de bois, gravées; des planches sur lesquelles on implantait de petites lames de cuivre, formant les contours et les traits fins du dessin; des clichés métalliques; des planches en cuivre, gravées. Les planches de bois étaient formées de plusieurs couches d'essences différentes, superposées de manière à croiser les fibres et commençant par une couche supérieure de poirier ou de pommier. On appliquait la planche sur un châssis à matelas élastique garni de couleur et on la reportait sur l'étoffe recouvrant une table d'impression. À chaque couleur correspondait normalement une planche; mais, comme je l'ai indiqué, on pouvait faire des fondus. Certains dispositifs permettaient soit de maintenir les couleurs à une température plus élevée que celle de la salle, soit d'empêcher leur altération par l'air. Parfois, le châssis était mobile, quand la table d'impression avait une grande longueur. L'étendage des couleurs sur le châssis pouvait, le cas échéant, s'effectuer automatiquement à l'aide de *tireurs* mécaniques.

La perrotine se composait essentiellement : d'une table à trois faces, sur laquelle circulait l'étoffe; de trois chariots portant les planches gravées et recevant un mouvement alternatif, de manière à s'appliquer contre les trois faces de la table d'impression ou à s'en écarter; de distributeurs et de châssis à couleurs, qui appliquaient mécaniquement

ces couleurs sur les planches. Aussitôt les trois coups de planche donnés, l'étoffe avançait de la quantité voulue.

Dans l'impression au rouleau, le tissu passait entre un tambour presseur et le rouleau gravé, qui recevait la couleur d'un autre rouleau; des racles enlevaient la couleur, en dehors de la gravure. Les rouleaux pouvaient être multipliés et donner autant de colorations différentes. Pour la gravure, on avait recours à divers procédés : poinçon et balancier; poinçon-molette et machine à graver; molette roulante; eau-forte; burin; tour à guillocher; pantographe et électricité. Le procédé le plus usité était celui de la molette roulante, dont le principe a été précédemment rappelé : une fois gravée en creux et trempée, la première molette s'imprimait en relief sur la seconde molette, au moyen d'une sorte de laminoir ou *presse à relever;* celle-ci gravait le cylindre, avec lequel elle était montée sur un tour spécial. Quand plusieurs rouleaux devaient imprimer des couleurs successives, leur diamètre allait en croissant afin de compenser l'extension du tissu. Le nickelage des cylindres avait constitué une sérieuse amélioration.

Il me reste encore à citer la presse écossaise pour enlevages. Cette presse puissante maintenait une pile d'étoffe entre deux plaques de plomb, percées d'ouvertures qui se correspondaient et faisaient office de dessins (croix, pois, etc.); le liquide pénétrait par les orifices de la plaque supérieure et sortait par les orifices correspondants de la plaque inférieure.

Je laisse de côté des fabrications spéciales, comme l'impression des étoffes de laine pour ameublement. L'examen, même tout à fait sommaire de ces fabrications, m'entraînerait trop loin.

Aujourd'hui, les machines à imprimer au rouleau ont une prédominance absolue. Elles se prêtent à un travail facile et précis. Toutes sont munies d'un moteur indépendant, ce qui permet à l'ouvrier de chercher avec une marche très lente la mise en rapport des différentes parties du dessin, puis, lorsqu'il y est arrivé, de poursuivre rapidement l'impression; l'habileté des mécaniciens a su vaincre les difficultés que soulevait la commande électrique. Il existe des machines imprimant sur les deux faces de l'étoffe et assurant l'exacte superposition des deux impressions. Un artifice récent, consistant à imprimer l'étoffe sans

pression et à donner aux rouleaux gravés une vitesse différente de celle du tissu engendre des effets d'une variété extraordinaire et presque illimitée.

Le matériel de l'impression ne se borne pas aux presses et à leurs accessoires. Il embrasse une foule d'appareils, dont les uns lui sont communs avec la teinture, tandis que d'autres lui appartiennent en propre. Les limites de cet exposé m'obligent à n'en citer que quelques-uns.

À l'origine de la série se placent les machines battant le tissu, le brossant, le débarrassant du duvet, des filaments et des impuretés avant son envoi à la presse.

Le tamisage des couleurs épaissies est fait maintenant par des moyens mécaniques. Tantôt la couleur, versée dans une trémie avec tamis métallique, se trouve aspirée à l'aide du vide; tantôt l'appareil reproduit automatiquement les anciennes opérations manuelles.

Divers appareils sont utilisés pour la fixation des couleurs-vapeur. Ils fonctionnent soit à haute pression, soit à moyenne pression, soit à basse pression. Autrefois, on se servait beaucoup de la *colonne*, à basse pression: c'était un cylindre percé de trous, autour duquel s'enroulait le tissu et où on introduisait de la vapeur, qui traversait l'étoffe. La *guérite*, le *tambour à vaporiser*, la *chambre à vapeur* sont des récipients, où les tissus convenablement disposés reçoivent l'action de la vapeur. À la suite de nos deux dernières Expositions universelles, les rapporteurs du jury ont particulièrement signalé, d'une part, de grandes cuves avec chaînes sans fin et roulettes faisant circuler les tissus, et. d'autre part, de petites cuves à vaporisage continu, moins coûteuses, mais fonctionnant dans des conditions analogues.

Au sortir de la presse, les étoffes passent dans des chambres de dessiccation. Les dispositions de ces chambres varient; mais le principe est toujours de porter l'air du réceptacle au degré requis de température, d'y introduire les tissus et de les en faire sortir, après un circuit sur roulettes.

Pour le savonnage au large des tissus imprimés et vaporisés, les constructeurs ont établi des cuves à roulettes spéciales, qui se divisent en compartiments de dégommage, de premier rinçage, de savonnage,

de second rinçage; des batteurs favorisent l'opération; une seconde cuve complète le rinçage. On emploie aussi, pour le lavage des tissus de laine imprimés et vaporisés, un appareil comprenant à la base une cuve remplie d'eau et au sommet un tambour sur lequel s'enroule l'étoffe.

4. Apprêts. — Les tissus ne sauraient entrer dans la consommation sans avoir subi diverses opérations qui leur donnent un aspect agréable à l'œil, un éclat particulier, un toucher spécialement approprié à leur usage. Ces opérations, souvent fort complexes, constituent l'apprêt, dont la bonne exécution exerce une influence considérable sur la vente.

Parmi les apprêts, le plus élémentaire, le plus connu, est le repassage du linge : la chaleur du fer, combinée avec la pression, fait disparaître les plis et rend la surface brillante, surtout quand on incorpore au tissu un enduit gommeux ou gélatineux; il faut d'ailleurs que le linge soit légèrement humide, afin de dégager de la vapeur et d'accroître la souplesse des fibres sous le passage du fer.

D'une manière générale, les agents d'apprêt les plus usuels sont la pression, la chaleur, l'humidité et un enduit. La pression peut se donner entre des rouleaux, comme dans les calandres, ou à la presse hydraulique. Tout en étant assez élevée pour sécher les objets et même pour faire contracter les fibres, la chaleur doit rester au-dessous de la limite qui les exposerait à des altérations : à ce point de vue, l'emploi de la vapeur d'eau comme moyen de chauffage offre toutes garanties. Il importe de ne point pousser l'humidité à l'excès; la nécessité de vaporiser une trop grande quantité d'eau porterait obstacle aux effets du chauffage. Les enduits le plus en usage sont l'amidon, la fécule, la dextrine, la colle animale; on y ajoute fréquemment d'autres corps, tels que l'alun, le savon blanc, la stéarine, le carbonate ou le sulfate de baryte, la glycérine, etc. Une fois imprégnée, l'étoffe doit être soumise à la dessiccation.

Ces courtes indications ne donnent qu'une faible idée des manipulations diverses exigées par les apprêts. Les effets varient à l'infini, et avec eux les méthodes de traitement, les agents d'action, les produits

utilisés, les appareils mis en œuvre, les manutentions. À l'apprêt quelquefois si compliqué par lui-même se rattachent les opérations ayant pour but d'élargir ou d'allonger les tissus, de les fouler, de les gaufrer, de les tirer à poils, de les imperméabiliser, etc. On compte aisément, pour certaines étoffes, jusqu'à dix-huit manipulations successives.

Prenant comme exemple l'apprêt des tissus de coton, un éminent rapporteur de nos Expositions universelles passait en revue l'apprêt des tissus légers, l'apprêt chiffon, l'apprêt fleur, les sous-apprêts, l'apprêt moiré simple ou double, l'apprêt ramé, l'apprêt glacé, l'apprêt calandré, l'apprêt cylindré, l'apprêt satiné, etc.; il expliquait comment on augmente le poids des étoffes légères, comment on en comble les mailles, en additionnant la fécule et l'amidon d'autres matières, notamment de matières minérales. Il décrivait le déraillage, opération destinée à supprimer les éraillures, à rétablir la situation première des fils dans les tissus dont la trame et la chaîne sont sans liaison; il montrait la machine à beetler, servant à l'assouplissement des satinettes; il donnait aussi la description du tirage à poils, c'est-à-dire du grattage au moyen d'une brosse ou d'un chardon métallique, pour extraire partiellement les fibres et imprimer au tissu une apparence pelucheuse.

Les étoffes de laine et en particulier les draps demandent des manipulations spéciales, un outillage puissant. Une fois dégraissés, les draps subissent le foulage; à la simple action des pieds a succédé celle des *moulins,* qui tout d'abord rappelaient le mortier à pilon et qui, successivement perfectionnés, se sont répandus sous le nom de *foulons hollandais;* en 1838, l'Angleterre nous a donné les *foulons cylindriques,* effectuant le foulage en long et en travers, et procurant ainsi une économie de temps notable comparativement aux anciens moulins; il existe aussi des foulons sphériques ou à globe. Jadis, le poil froissé par le foulage se démêlait à la main, au moyen du chardon à foulon; vers 1804, Douglas importa en France la *machine à lainer,* agissant sur l'étoffe à l'aide de chardons portés par un tambour; puis, après des essais entrepris en 1816 (brevet de A. Dubois) et longtemps infructueux, pour produire des chardons métalliques qui eussent l'élasticité du peigne naturel, accrochassent bien les filaments et les amenassent à la surface

du tissu sans les rompre, les constructeurs réussirent à établir d'excellentes garnitures de cardes avec dents de bronze, montées sur des rouleaux de petit diamètre et agissant sur la circonférence d'un gros cylindre. Jusqu'au commencement du siècle, le tondage, qui a pour but de couper et d'égaliser les fibres amenées à la surface du drap par le lainage, se faisait péniblement de main d'homme au moyen de ciseaux ou *forces;* des *tondeuses* mécaniques furent imaginées en Angleterre (système Lewis) et en Amérique (brevet pris à Paris, en 1812, par E. Jonathan pour un appareil qu'avait importé G. Bass de Boston); vers 1817, J. Collier créa un bon modèle français de tondeuse à lames hélicoïdales et à mouvement continu. On distingue les tondeuses transversales et les tondeuses longitudinales : celles du premier type, aujourd'hui délaissées, ne donnent qu'un travail intermittent et occasionnent une perte de temps sensible pour ramener le chariot, dérouler la pièce et la fixer sur le bâti; le travail est, au contraire, continu avec les machines longitudinales du système Collier, dans lesquelles l'appareil à lames tondeuses reste fixe, tandis que le tissu se meut suivant le sens de sa longueur. Quant aux opérations finales, dont l'objet, pour les draps lisses du moins, est de régulariser la direction du duvet, de développer le brillant, d'accuser le moelleux, par des pressions réitérées avec ou sans intervention de la chaleur, elles s'accomplissent depuis longtemps à l'aide de presses hydrauliques, où l'on place l'étoffe repliée sur elle-même avec des cartons interposés entre les plis; on emploie aussi dans le même but des *machines cylindriques* à presser et à décatir.

Un grand progrès a été réalisé en 1892 dans la structure des rames de séchage. Ces rames sont maintenant établies à étages et renfermées dans une caisse métallique, où est insufflé et distribué de l'air chaud. Elles n'ont pas de tambour-sécheur à la sortie et les pièces se trouvent ainsi soustraites à l'ancien danger de rétrécissement. Un foulard d'apprêt est généralement placé à l'avant.

Parmi les opérations de création récente se rattachant aux apprêts, quelques-unes sont très curieuses. Tel est le polissage mécanique des étoffes de soie ou des tissus de soie tramés coton, qui se fait à l'aide de racles en acier sur l'étoffe soutenue par un tampon en caoutchouc et qui efface les rayures, détruit l'aspect quadrillé ou grillagé, accroît

l'opacité du tissu. Tels sont encore : le gaufrage inaltérable des étoffes de laine ou de laine et soie, obtenu par l'action à chaud de cylindres gravés, après imprégnation d'un hydrofuge; le gaufrage-impression, ou gaufrage combiné avec l'impression des parties en relief; un traitement spécial des velours d'Utrecht, au moyen de plaques à la fois gravées et découpées, qui laissent le poil debout dans les parties découpées et le sertissent par la couleur déposée dans les parties gravées; etc.

Les tissus sont imperméabilisés soit par des solutions de caoutchouc, de paraffine, etc., dans les hydrocarbures, soit par l'acétate d'alumine transformé en acétate basique sous l'influence d'une température supérieure à 80 degrés. On recourt aussi à la suintine, à la lanoline ou à des corps analogues.

§ 4. MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA COUTURE ET DE LA FABRICATION DE L'HABILLEMENT.

1. Machines à coudre d'un usage général. — Parmi les machines employées à la confection des vêtements, celle qui mérite la place d'honneur est incontestablement la machine à coudre d'un usage général.

L'idée de réaliser une couture mécanique remonte à une époque fort éloignée. On attribue la première tentative à Karl Weisenthal, qui, dès 1755, se fit délivrer une patente en Angleterre; on cite aussi un brevet pris en France, pendant l'année 1804, par deux Anglais, Thomas Stone et James Henderson, dont le procédé fut du reste immédiatement abandonné.

Mais le mérite de la première invention ayant un caractère pratique revient à un Français, Barthélemy Thimonnier, né à l'Arbresle (Rhône) en 1793. C'était un pauvre ouvrier tailleur, doué de beaucoup d'intelligence et d'imagination: il entreprit ses recherches en 1825, et, après quatre ans d'un travail opiniâtre, il avait créé un appareil cousant au point de chaînette, pour lequel un brevet d'invention lui fut délivré le 17 juillet 1830 [1].

L'année suivante, sous la raison Germain Petit et C[ie], une société exploitait le brevet de Thimonnier et installait rue de Sèvres, n° 155, un atelier de 80 machines pour la confection des uniformes militaires. Quelques mois plus tard, une bande d'ouvriers tailleurs saccageait cet atelier et brisait les machines. Le malheureux Thimonnier n'avait pas perdu courage et allait se relever, quand la Révolution de 1848 vint abattre ses espérances. Vainement exposa-t-il en 1849 sa mécanique à coudre; vainement encore voulut-il exposer à Londres en 1851 : par un fatal concours de circonstances, il arriva trop tard et ne put subir l'examen du jury. Décidément, la fortune lui était contraire. Il mourut misérablement à Amplepuis en 1857. Son histoire est celle de nombreux inventeurs.

Née en Europe, la machine à coudre était passée aux États-Unis, et

[1] Le brevet était au nom de Thimonnier et d'un bailleur de fonds, Ferrand, son associé.

les Américains, comprenant l'importance du nouvel instrument de travail, appliquaient toutes les ressources de leur génie inventif à l'améliorer et à le perfectionner. Sans prétendre donner une nomenclature complète des inventions, je ne puis m'abstenir de relater les suivantes, pour la période comprise entre 1844 et 1851, date de la première Exposition universelle internationale : machine cousant avec deux fils, dont l'un enroulé dans une navette (Fisher et Gibbons, Elias Howe)[1]; entraînement à roue (John Bachelder); entraînement à griffe et navette circulaire avec crochet tournant (Allen Wilson); combinaison heureuse des divers organes (Meritt Singer).

L'Exposition de Londres en 1851 assura le succès d'Elias Howe, qui, du reste, n'avait cessé de faire, avec son frère Amasa, les efforts les plus soutenus pour vulgariser la machine à coudre et pour y apporter des perfectionnements.

À l'Exposition de Paris, en 1855, la classe de «la mécanique spéciale et du matériel des manufactures de tissus» comprenait une grande variété de types se rattachant aux quatre catégories suivantes : 1° machines à coudre dont l'aiguille passait complètement au travers de l'étoffe ; 2° machines à coudre avec un fil, produisant un point de chaînette; 3° machines à coudre avec deux fils, produisant le point de navette; 4° machines à coudre avec deux fils, produisant un double point de chaînette. Une médaille de 1re classe fut attribuée à M. Magnin, ancien collaborateur de Thimonnier, pour sa machine à point de chaînette ou couso-brodeur, qui n'était autre que la machine inventée par l'ouvrier de l'Arbresle, avec diverses améliorations : le rapporteur, Willis, professeur à l'université de Cambridge, rendait enfin hommage à Thimonnier, en déclarant que son invention avait servi de point de départ à toutes les machines plus modernes. Le jury décerna une autre médaille de 1re classe à Singer, qui exposait une machine à point de chaînette, avec arrêt tous les huit points. On remarquait aussi : la couseuse Seymour; la machine à navette circulaire, avec entraînement à griffe à quatre mouvements, de Wheeler et Wilson ; la machine à chaînette double de Grower et Baker, particulièrement appropriée à la couture

[1] La navette avait déjà été employée en 1832 par Walter Hunt.

des étoffes tricotées ou jerseys; une nouvelle machine à aiguille droite, présentant des dispositions ingénieuses pour régler la longueur du point et munie d'un entraînement puisé dans la machine de Morey; etc.

En 1857, Howe remania complètement sa machine; il lui appliqua la came et l'entraînement de Seymour, et lui donna la forme sous laquelle elle a été si longtemps appréciée. Vers cette époque, Howe eut à soutenir des procès, relativement à la priorité de l'invention de la navette : il gagna sa cause en Amérique, où Singer, Wheeler et Wilson, et d'autres encore durent lui payer redevance, mais la perdit en Angleterre, où la priorité fut reconnue en faveur de Fisher et Gibbons.

Lors de l'Exposition de 1867, la véritable innovation consistait dans les machines à faire les boutonnières. Il y en avait de deux sortes : les unes spéciales comme celles de Wheeler et Wilson, inventées par les frères House[1]; les autres mixtes, c'est-à-dire pouvant servir, moyennant le changement de certaines pièces, soit à la couture ordinaire, soit à la confection des boutonnières, comme celles de Wheeler et Wilson, de Bertram et Fanton, de l'American button hole Company. Pour les machines à coudre proprement dites, le progrès résidait surtout dans la création de guides spéciaux permettant d'exécuter les ouvrages les plus variés et les plus complexes. Au milieu de beaucoup de noms se dégageaient ceux de Howe (point lié à navette), Wheeler et Wilson (point lié sans navette), Willcox et Gibbs (point de chaînette bouclé à retors), Hugand (couso-brodeuse), Bonnaz (entraînement universel), Henricksen (type originaire des surjeteuses). L'industrie de la machine à coudre prenait un développement merveilleux, mais se concentrait principalement en Amérique; à elle seule, la maison Wheeler et Wilson accusait une production de 50,000 machines par an, tandis que les bonnes maisons européennes n'en fournissaient pas plus de 15,000.

Tout en marquant une nouvelle étape dans la voie du progrès, l'Exposition de 1878 ne révéla, pour les machines à coudre d'un usage général, que des perfectionnements de détail. Le public, qui avait longtemps hésité entre le point de navette, dit *point indécou-*

[1] Ces machines étaient basées sur le principe que devait reproduire en 1889 la machine Reece (étoffe fixe, organes de couture mobiles).

sable, le point de chaînette à deux fils, dit *point noué*, et le point de chaînette à un fil, fixait ses préférences sur le premier; le point de chaînette à deux fils était abandonné pour les travaux ordinaires de famille ou d'atelier. Au premier rang se plaçaient les machines à manivelle, bielle ou petits excentriques, à crochet circulaire formant navette et à aiguille courte. Le prix ordinaire des machines à coudre avait baissé de 50 p. 100 depuis 1867. D'après le rapporteur du jury, il se fabriquait dans le monde entier 800,000 machines environ par an, et nous ne figurions dans ce chiffre que pour 60,000. Cependant, si les États-Unis et l'Angleterre nous devançaient au point de vue de l'intensité de la production, la France se distinguait par le nombre et la valeur des inventions nouvelles. À côté des Américains et des Anglais, notamment de Wheeler et Wilson (titulaires de la seule grande médaille, pour leurs machines à navette circulaire et à aiguille droite), la liste des lauréats comprenait plusieurs Français : Reimann, Peugeot, Hurtu et Hautin, Cornély, etc.

Déjà la machine à coudre était parvenue à un tel état de perfection, qu'il ne restait plus guère de place aux innovations d'importance capitale. Les faits essentiels mis en lumière par l'Exposition de 1889 furent les suivants: triomphe définitif de la navette circulaire sur crochet rotatif et des aiguilles courtes; abandon complet des machines à point de chaînette, sauf pour certaines coutures particulières; adoption générale des bielles, des leviers à rotule, pour les transmissions de mouvement; bonnes dispositions pour l'entraînement; recherches, peu fructueuses d'ailleurs, en vue de rendre la manœuvre moins fatigante; améliorations dans la forme des bâtis; rapidité plus grande du travail qui allait jusqu'à 1,500 points par minute. Sans cesse croissante, la consommation était évaluée, pour la France, à 150,000 machines par an. Comme en 1878, les fabriques américaines et les fabriques anglaises, fondées par les Américains, tenaient la tête du marché; la puissance prodigieuse de leur outillage et leur immense publicité leur assuraient une prépondérance indiscutée; l'une d'entre elles annonçait une fabrication annuelle de 700,000 machines.

Depuis, les efforts des constructeurs ont continué à porter sur les détails. Le but constant de ces efforts a été de rendre la construction

plus précise, d'établir des pièces réellement interchangeables, d'employer des matériaux de meilleure qualité, de diminuer les trépidations, d'assurer un graissage automatique, d'accroître la vitesse et la puissance de production, de réduire le prix de revient, de spécialiser les types suivant la nature des diverses opérations de couture. Aujourd'hui, la vitesse de 3,500 tours par minute peut être pratiquement atteinte : on est loin des 200 tours que fournissait la machine Thimonnier et des 23 points du travail à la main.

Grâce à l'abaissement du prix de vente et aux facilités de payement par termes, la machine à coudre est devenue accessible aux personnes les moins fortunées et a pénétré partout; les avantages de son emploi, au point de vue de la rapidité et de l'économie du travail, en font un instrument nécessaire dans le plus humble ménage comme dans le plus grand atelier; le soin et la rigueur avec lesquels l'établissent la plupart des constructeurs en rendent l'entretien et les réparations simples et faciles. Elle se prête aux ouvrages les plus variés, les plus coquets, les plus élégants; la couture mécanique est du reste aussi solide et plus régulière que la couture manuelle.

Malgré leur habileté, leur conscience, leur ingéniosité, la qualité et le fini de leurs produits, nos fabricants luttent de plus en plus péniblement contre la concurrence étrangère. Pendant les trois dernières années du siècle, l'importation moyenne annuelle a représenté une valeur de 11,180,000 francs, tandis que l'exportation ne dépassait pas 540,000 francs. Les principaux pays de provenance sont l'Angleterre et l'Allemagne; ensuite, mais beaucoup en arrière, se placent les États-Unis et la Belgique.

2. Machines à coudre d'un usage spécial. Machines à broder. — Comme je viens de l'indiquer, la spécialisation des machines à coudre s'est peu à peu accentuée. Il existe maintenant une extrême variété de machines spéciales employées dans la confection du vêtement, de ses accessoires ou d'autres articles usuels. Sans en dresser une nomenclature complète, on peut citer à titre d'exemples les machines suivantes : machines à deux aiguilles et à deux navettes pour piqûres parallèles; machines pour point à jour; machines pour point de zigzag;

surjeteuses; machines pour boutonnières de différents genres; machines à ouater, pourvues de 25 aiguilles et faisant à la fois 25 lignes de points de chaînette en chevron; machines pour border les chapeaux de feutre; machines pour coudre les tresses de chapeaux de paille; machines pour coudre les devants de chemise; machines pour corsets; machines pour gants; machines diverses pour la couture des bottes, bottines, souliers; machines pour coudre les boutons; machines pour assembler les lés de moquette; machines pour plusieurs rangs de coutures sur courroies; machines pour sellerie ou bourrellerie; machines pour bâches, voiles, prélarts; machines pour sacs. Parmi ces couseuses, quelques-unes travaillent à fil poissé, ciré ou huilé. Nous aurons à revenir plus loin sur la couture des chapeaux, des gants et des chaussures.

L'une des catégories les plus intéressantes est celle des machines à broder, dites *couso-brodeurs*. Dès 1855, apparaissait le couso-brodeur Thimonnier-Magnin, récompensé par une médaille de 1re classe. En 1867, Hugand exposait à son tour une couso-brodeuse fonctionnant avec des crochets, opérant sur quatre fils et donnant des produits remarquables en broderie, soutache et application d'Angleterre. Bonnaz montrait l'un des premiers spécimens de sa machine à broder, formant un point de chaînette vu du côté de la boucle : cette machine, rendue pratique l'année suivante, se répandit bientôt en France, en Suisse, en Angleterre, aux États-Unis, et acquit à Tarare, Saint-Quentin et Saint-Gall, la même célébrité que le métier Jacquard à Lyon. Après avoir décerné à Bonnaz les éloges les plus mérités, le rapporteur du jury de 1878 citait également d'autres machines exposées par M. Cornély et par MM. Hurtu et Hautin. À l'Exposition de 1889, on trouvait au premier rang M. Cornély, avec des combinaisons nouvelles réalisant tous les points de broderie imaginables, soutachant, festonnant, donnant le point de ganse ou de cordonnet, imitant la peluche ou le velours de Gênes, etc; on revoyait aussi le couso-brodeur Bonnaz et le bras-brodeur Hurtu-Hautin; une machine dite *éventailleuse-brodeuse automatique*, pour la broderie en forme de palmette, faisait le plus grand honneur à M. Darracq. En 1900, la maison Cornély gardait incontestablement la première place;

elle produisait une admirable série de machines à un fil (soutacheuses, festonneuses, machines à broder les bas ou les gants), de brodeuses à plusieurs fils, de machines à plusieurs aiguilles n'employant qu'un fil, de perleuses. La France conserve la suprématie qu'elle a acquise depuis la découverte de l'entraînement universel par Bonnaz.

Pourvus d'une seule aiguille ou, du moins, d'un nombre restreint d'aiguilles, les couso-brodeurs n'ont qu'une capacité de production bien inférieure à celle des grandes machines à broder, dues au génie inventif de Josué Heilmann, contremaître alsacien. Le mécanisme de Heilmann, breveté en 1829 et construit dans les ateliers d'André Kœchlin, fut exposé en 1834 et provoqua l'admiration du public. Il ne comprenait pas moins de 130 aiguilles à deux pointes, enfilées par le milieu, qui passaient et repassaient au travers de l'étoffe tendue verticalement. Deux jeux de pinces, adaptées à des chariots de part et d'autre du tissu, se fermaient périodiquement après avoir saisi les aiguilles, pour les manœuvrer en faisant l'office des deux mains d'une ouvrière brodeuse. Le châssis portant l'étoffe se déplaçait sous l'action d'un fort parallélogramme articulé ou pantographe, dont le style suivait sur un tableau les contours du dessin. Toutes les lignes, tous les contours de ce dessin se trouvaient dès lors fidèlement reproduits. Incompris en France, Josué Heilmann dut vendre son métier en Suisse, où il ne tarda pas à se multiplier. Sauf des perfectionnements de détail, la machine Heilmann sert encore à la grande fabrication mécanique; elle offre une puissance étonnante : en 1878, le rapporteur du jury évaluait à 500,000 environ le nombre journalier de points fournis par une machine suisse de 225 aiguilles, sous la conduite d'un homme et de deux femmes, et faisait remarquer que, pour produire manuellement le même travail, il faudrait 50 brodeuses.

En 1900, M. Saurer, d'Arbon (Suisse), exposait une machine dérivée de celle d'Heilmann, faisant de même le point de passé, mais présentant des transformations profondes et constituant un véritable chef-d'œuvre de mécanique. Tous les mouvements, sauf la conduite du pantographe, ont été rendus automatiques; les chariots n'ont plus à

subir leurs longs déplacements; un dispositif ingénieux assure le remplacement des aiguilles dont le fil est épuisé par d'autres aiguilles enfilées; l'enfilage se fait au moyen d'une machine spéciale. M. Saurer accouple deux métiers, pourvus ensemble de 624 aiguilles. Chaque aiguille donne environ 8,000 points doubles par journée de dix heures.

Une autre catégorie de métiers à broder est celle des métiers dits *à fil continu*, véritables machines à coudre munies d'aiguilles multiples. Ces aiguilles ne traversent pas le canevas; elles piquent dans le tissu et font de l'autre côté une boucle à travers laquelle passe une navette; le fil de la navette se croise avec celui de l'aiguille pour former le point. Ici encore, les organes fonctionnent mécaniquement; seul, le pantographe se manœuvre à la main. Un modèle exposé en 1900 par M. Saurer présentait 460 aiguilles, fournissant 100 points à la minute.

3. Matériel de la confection du vêtement. — Les inventeurs se sont ingéniés à réaliser des appareils pour la prise des mesures et le tracé de la coupe. Des appareils de ce genre ont paru à presque toutes les Expositions, depuis 1827, sous le nom de somatomètres, bustomètres, patronomètres, conformateurs, etc.

Dès 1867, on a songé à se servir de la scie à ruban pour découper les étoffes. Le ruban est, suivant la nature du tissu, à tranchant rectiligne ou à dents arrondies, fonctionnant en sens inverse de leur marche habituelle. Il importe, afin d'éviter la rupture fréquente des lames, de donner aux poulies un diamètre suffisant. L'emploi des modes de graissage perfectionnés et le montage des axes sur billes permettent de diminuer notablement les résistances passives.

Les bustes et les mannequins, propres à l'essayage des effets, sont devenus l'accessoire presque obligé de la machine à coudre. Certains industriels ont poussé le raffinement jusqu'à établir des mannequins élastiques, suivant les variations du corsage et les modifications dues à la grossesse.

Bien que fort ancien, l'outillage à presser et à repasser a reçu d'utiles améliorations, ayant pour objet principal de réduire la fa-

tigue causée par la manœuvre, de pourvoir au chauffage du fer par un foyer intérieur continu, d'éviter les gaz délétères. Une solution élégante donnée récemment au problème du chauffage intérieur consiste à utiliser l'arc voltaïque ou les résistances électriques.

Les tissus se plissent à l'aide de machines appropriées, par exemple au moyen de cylindres-laminoirs et d'un peigne dont l'avancement détermine la largeur des plis.

Des appareils simples et commodes permettent de faire aisément les boutons d'étoffe et de les assortir par suite aux vêtements.

Cette nomenclature pourrait être indéfiniment allongée. Il n'y a plus qu'une chose qui ne relève pas de la mécanique industrielle : c'est le goût.

4. Matériel de la fabrication des chapeaux. — Les propriétés feutrantes du poil et de la laine semblent avoir été utilisées de temps immémorial : la laine feutre naturellement; mais le poil demande une préparation qui s'apelle *secrétage* et qui consiste en un traitement au nitrate de mercure.

A la fin du XVIIIe siècle, l'industrie des chapeaux de *feutre de poil* se pratiquait dans de petits ateliers disséminés sur tout le territoire. L'outillage, des plus simples, comprenait un arçon, un bassin chauffé à feu nu, quelques tables et quelques formes en bois.

Maintenant, cet outillage est bien transformé.

Tout d'abord, il y a des machines à couper le poil. Jadis, la tonte se faisait à la main, avec une paire de ciseaux, ou plutôt avec un ciseau droit. Une couperie mécanique, fondée à la Briche en 1825, ne réussit pas, et ce fut seulement en 1842 que la première machine pratique put être rapportée des États-Unis par M. Othon de Clermont. Peu de temps après, M. Bouhey, alors simple ouvrier mécanicien, créa un type qui lui valut à l'Exposition de 1849 sa première médaille et qui ne devait pas être surpassé.

C'est également M. Bouhey qui, imitant une souffleuse anglaise introduite vers 1845, établit en 1848 la première souffleuse française, pour le criblage du poil ou sa répartition en divers numéros.

Le bastissage à l'arçon était fort lent : un bon ouvrier bastissait

IMPRIMERIE NATIONALE.

12 chapeaux par jour. De Clermont importa en 1852 la *bastisseuse* américaine, qui avait pour principe l'aspiration du poil projeté par un soufflet sur un cône percé de trous (brevet français Burr et Taylor, de 1850); Laville modifia cette machine, dont l'Exposition de 1855 montrait un spécimen capable de bastir journellement 500 chapeaux. À la même époque, Caillet de Sées inventait l'*arçonneuse* mécanique, bastissant 70 chapeaux par jour et convenant bien aux petites manufactures. La bastisseuse reçut plus tard un complément indispensable, l'injecteur, dont le modèle devenu usuel est du belge Rochet (1863).

Au bastissage succède le *sémoussage*, qui constitue un commencement de feutrage. Une machine importée d'Espagne (1881) a permis d'exécuter aisément cette opération en pressant la cloche entre deux cônes mobiles.

Jadis, pour fouler la cloche, l'ouvrier la manipulait longuement, enroulée autour d'un mandrin de bois, et la plongeait de temps à autre dans de la lie de vin. Importée en 1852 par de Clermont, la *fouleuse* américaine dut à Laville de sérieuses améliorations. Vimenet, Français établi en Belgique, créa ensuite une excellente machine à rouleaux garnis de bois, tournant en sens différents avec un mouvement de va-et-vient. La lie de vin, qui faisait des chapeaux durs et empêchait la teinture en couleurs claires, fut remplacée par de l'acide sulfurique dilué, dont l'emploi assura la souplesse des chapeaux, permit de leur donner les nuances les plus tendres et valut à la fabrique d'Aix-en-Provence une réputation universelle. On a continué à utiliser les foulons à marteaux, concurremment avec les fouleuses.

Après avoir subi le foulage, la cloche doit être débarrassée des jarres restant à sa surface. Cette opération se fait à l'aide de la *ponceuse*, inventée en France vers 1864. À la même époque, nous arrivaient d'Angleterre les *dresseuses* de foule et de teinture.

Peu à peu, le matériel s'est complété, pour la mise en forme et l'appropriage, par des presses hydrauliques comme celle de Legat (1867), des *cambreuses*, des *tournurières*, etc. La machine à coudre est venue elle-même apporter son concours à la fabrication.

En ce qui concerne les chapeaux de *laine*, le matériel comprend d'abord des machines préparatoires, effectuant le lavage de la laine, le séchage, la carbonisation des matières végétales par des agents chimiques ou l'égrateronnage qui extrait mécaniquement ces matières.

Les machines spéciales employées à la confection proprement dite sont : le *loup*, qui ouvre la laine et la prépare au cardage; la première carde, au moyen de laquelle on commence à placer les fibres parallèlement les unes aux autres; la deuxième carde, finissant le cardage, disposant la laine sur un double cône et formant ainsi deux chapeaux qui sont ensuite séparés (appareil importé d'Angleterre en 1860); la *sémousseuse*, feutrant les cônes cardés; la *fouleuse;* la *dresseuse de foule*.

Quant au matériel d'appropriage et de finissage, il est le même que pour les chapeaux de feutre.

L'outillage de la fabrication des chapeaux de *paille* offre plus de simplicité que celui des chapeaux de feutre ou de laine. Des machines ont été créées pour le découpage des feuilles de latanier. Les tresses sont assemblées mécaniquement : c'est de 1868 que date l'importation en Angleterre des premières machines faisant la couture à points invisibles. Pour la mise en forme, on s'est servi d'abord de *tours à cylindrer*, puis de presses hydrauliques ou autres, enserrant par exemple le chapeau entre deux formes de métal chauffées au gaz. Il y a lieu de mentionner les opérations de blanchiment ou de teinture et d'apprêt à la gélatine, à la gomme, au vernis, etc.

Jusqu'ici, la machine n'a pu pénétrer sérieusement dans l'industrie du chapeau de *soie*.

5. Matériel de la fabrication des gants. — Au XVIII[e] siècle, l'outillage pour la fabrication des gants se bornait à peu de chose. La peau était découpée avec une paire de ciseaux, et l'ouvrier faisait les coutures à l'aiguille.

Xavier Jouvin a eu le mérite de transformer cette industrie. Il imagina en 1817 des emporte-pièce compliqués, permettant de couper d'un coup les diverses pièces, puis, en 1835, l'ingénieux sys-

tème de mesures, universellement adopté depuis. La France lui dut sa première manufacture, installée dans l'Isère.

Une machine à coudre les gants fut exposée en 1855; mais la première machine pratique a été celle de l'horloger danois Henricksen, présentée à l'Exposition de 1867, puis exposée de nouveau en 1878 avec des perfectionnements. Le nom d'Henricksen et celui de Jouvin dominent l'industrie des gants.

Depuis, les machines spéciales à coudre les gants se sont multipliées. Il existe aussi des meules en émeri pour amincir les grosses peaux, des machines pour poser les boutons, des machines à tambours de peluche pour le lissage définitif.

6. Matériel de la fabrication des chaussures. — Le travail mécanique de la chaussure ne remonte guère qu'à 1850 ou 1855; sa naissance a coïncidé avec celle des premières manufactures. Stimulés par la cherté de la main-d'œuvre, les Américains ont imaginé des outils remarquables; une part assez large d'invention revient aussi aux industriels français.

Dès le début, les fabricants eurent recours aux emporte-pièce avec balancier pour le découpage du cuir; des dispositions nouvelles ne tardèrent pas à être inventées aux États-Unis.

Autrefois, le cambrage des tiges s'effectuait à force de bras et demandait une main-d'œuvre considérable; aussi la tige était-elle le plus souvent réunie à l'empeigne par une couture en rosette. Simon, corroyeur à Paris, établit en 1838 une machine à cambrer très pratique, qui figura à l'Exposition de 1839 et dont les bons résultats firent successivement adopter la guêtre en cuir pour l'infanterie et la botte cambrée pour la cavalerie. Cette machine reçut plus tard des perfectionnements de détail.

L'idée d'appliquer la couture mécanique à l'assemblage des pièces du dessus tenta les fabricants de machines à coudre; en 1867, Howe, Grower et Baker présentèrent des machines agencées pour coudre le cuir, pour assembler ou piquer les tiges.

En 1867 également, Sylvain Dupuis exposait une excellente machine à monter; la section américaine à l'Exposition de 1889

comprenait des modèles nouveaux, de beaucoup supérieurs, notamment celui de Paine, et le progrès s'est poursuivi jusqu'à la fin du siècle.

La fixation des semelles peut se faire mécaniquement, soit au moyen de chevilles ou de vis, soit par la couture. Déjà au XVIIIe siècle, les chevilles étaient en usage dans certains pays; à l'Exposition de 1855 apparurent les machines américaines à cheviller, dont l'énorme succès aux États-Unis ne fut ralenti que par l'invention de la couture mécanique; le procédé n'a jamais rencontré beaucoup de faveur en France. C'est Duméry qui, en 1844, vulgarisa les chaussures vissées: Sellier, Lemercier et Goddu inventèrent ou perfectionnèrent des machines pour cette fabrication et y employèrent du fil continu en laiton; dans les premières machines, le filet de vis se produisait au moment où le fil allait pénétrer le cuir, tandis que, dans la dernière, il était formé à l'avance.

Il y a plus de cent ans que la couture traversant de part en part la semelle intérieure, l'empeigne et la semelle extérieure fut définitivement abandonnée, dans le travail à la main, pour le système des deux coutures réunissant, l'une la semelle intérieure, l'empeigne et la trépointe, l'autre la trépointe et la semelle extérieure. La célèbre machine, inventée en 1859 par l'américain Lyman Reed Blake, faisait la couture de part en part et à chaînette, d'abord sur bigorne fixe, puis sur bigorne tournante; celle de Keats (1878) donnait la même couture, mais avec deux fils (navette). En 1889, l'imitation mécanique de la couture première ne paraissait pas encore avoir réussi; la couture deuxième triomphait, au contraire, avec la machine Batley et Keats.

Mollière, de Lyon, prit le premier, en 1855, un brevet pour le finissage de la chaussure par des appareils rotatifs : une fraise dressait les lisses et les talons; un disque chauffé intérieurement effectuait le finissage. L'américain Tapley vint ensuite et donna au fer un mouvement rapide d'oscillation. De ces deux types d'appareils dérivent toutes les machines de finissage qui ont si puissamment contribué au développement des manufactures de chaussures.

Je ne saurais donner une notion plus précise de la fabrication

mécanique actuelle qu'en rappelant la série des machines exposées et mises en action, dans les galeries de notre dernière Exposition, par la «Collectivité américaine» (procédé du cousu-trépointe):

1° Machine à graver la semelle première;

2° Machine à relever la gravure de cette semelle;

3° Machine à entoiler la même semelle, en collant la toile, sauf au droit du talon, à l'aide d'une composition caoutchoutée;

4° Machine opérant le montage de la chaussure, après fixation de la première semelle et de la tige sur la forme (l'organe principal est une pince tirant les différentes parties de la tige comme le ferait un ouvrier avec une pince à main; un semenceur automatique fixe la tige par des pointes sur le pourtour de la première semelle; à l'endroit du talon, on ne se sert pas de la pince, mais une petite plaque tend et rabat la tige, que le semenceur fixe au moyen de petites semences; à la pointe, la semence est remplacée par un fil de fer, dont l'emploi supprime le faufilage);

5° Machine à coudre, au point de chaînette, la trépointe sur la chaussure et à l'assembler, en même temps que la tige, sur la lèvre relevée de la première semelle (le fil se poisse sur la machine même);

6° Machine enlevant, par un couteau circulaire à tranchant dentelé, les parties de tige et de trépointe qui dépassent le point;

7° Machine martelant la couture, l'aplatissant et relevant la trépointe;

8° Presse pour le collage de la seconde semelle sur la première, dont la partie creuse, à l'intérieur du bourrelet formé par la couture, a été préalablement garnie au moyen de cuir ou de liège et de colle;

9° Machine à semenceur automatique, enfonçant des clous sur le pourtour de l'emplacement du talon;

10° Machine pour couper régulièrement le bord de la semelle et de la trépointe, à l'aide d'une lame oscillante, et pour graver la semelle, à l'aide d'un couteau oscillant, sur l'emplacement où sera pratiquée la couture;

11° Machine pourvue d'une hélice à rotation rapide, amincissant la cambrure et ouvrant la gravure de la semelle;

12° Machine, à alène, aiguille et navette circulaires, effectuant la couture, au fil poissé, de la semelle sur la trépointe;

13° Machine à disque rotatif pour rabattre la gravure par-dessus la couture;

14° Machine à porte-ouvrage oscillant et à rouleau animé d'un mouvement de va-et-vient, en même temps qu'il tourne et s'incline, pour faire disparaître toutes les irrégularités qui existent sur la surface extérieure de la semelle;

15° Machine rainant la trépointe aux endroits où elle est traversée par la couture;

16° Machine pour fixer le talon sur la chaussure, au moyen de clous qui se rivent d'eux-mêmes à l'intérieur, et pour y adapter le bonbout;

17° Machine à cheviller le bonbout;

18° Machines à fraiser et à gouger les talons;

19° Machine à fraiser les lisses, c'est-à-dire les bords de la semelle;

20° Machine à gratter les talons;

21° Machine à petits fers oscillants, chauffés par le gaz, le pétrole ou l'alcool, pour faire briller les bords de la semelle, passés au noir;

22° Machine à papier de verre et meule d'émeri pour gratter le dessous de la semelle, les cambrures et le bonbout;

23° Machine analogue, terminant le ponçage dans les parties d'accès difficile;

24° Machine à brosses en crin et en étoffe, déformant à froid la semelle et le talon;

25° Machine à brosse et tampons, pour nettoyer la tige et les cambrures;

26° Machine imprimant la marque de fabrique.

7. Matériel de la fabrication des fleurs artificielles. — Naguère encore, les fleurs artificielles étaient presque exclusivement fabriquées à la main. Pendant les dernières années du siècle, M. Clément a doté cette industrie de machines fort ingénieuses, dont l'objet est surtout de découper les pétales et de les gaufrer.

§ 5. FILS ET TISSUS.

1. Fils et tissus de coton. — Le coton est, de toutes les matières textiles, celle qui donne lieu, sur la surface du globe, au mouvement d'affaires le plus intense. Aujourd'hui, les tissus de coton présentent une infinie variété et s'emploient partout, grâce à leur bon marché, à leur solidité et à leur durée. Les préparations nouvelles, comme le mercerisage, ne pourront qu'en répandre encore l'usage.

Vers la fin du XVIIIe siècle, la quantité de coton manufacturée en France et en Angleterre était respectivement évaluée à 4 millions et à 12 millions de kilogrammes. Ainsi l'Angleterre avait déjà pris une avance sensible. Préoccupé de cette situation et surtout de l'infériorité de notre matériel, le Gouvernement français ouvrit en 1801 un concours de machines à filer. Cependant l'emploi de la machine dans l'industrie du coton existait à peine en France, quand intervint le décret du 22 février 1806 établissant le blocus continental. Réduits à leurs propres ressources, nos fabricants durent améliorer leur matériel; en moins de six ans, il y eut plus de 200 filatures comptant un million de broches. Le rapport du jury de l'Exposition de 1806 constatait que les filateurs français ne dépassaient guère le n° 60, malgré le débouché important offert au fil fin par les manufactures de mousseline de Tarare et de Saint-Quentin.

Un peu avant la fin du premier Empire, la France avait doublé sa production de 1790 et travaillait 8 millions de kilogrammes de coton. Quant à l'Angleterre, elle atteignait 45 millions de kilogrammes.

Les événements de 1814 ne nous furent point favorables. Derrière l'invasion des armées étrangères arriva l'invasion des étoffes anglaises; le lieutenant général du royaume leva brusquement le droit dont Napoléon Ier avait frappé à l'entrée le coton en rame. Ce fut la ruine de nos industriels : le plus célèbre d'entre eux, Richard Lenoir, qui possédait 7 filatures et occupait 11,000 ouvriers, ne put résister à la tempête et mourut quelques années plus tard dans la misère. Ce fut aussi un nouvel élan donné à la prospérité des manufactures anglaises.

Pour y remédier, le Gouvernement de la Restauration crut devoir confirmer le principe, temporairement abandonné, de la prohibition des produits étrangers (Loi du 28 avril 1816). La protection à outrance reprenait le dessus. Quoi qu'il en soit, les capitalistes y virent un gage de sécurité et notre industrie cotonnière se développa rapidement. Dès 1817, nous transformions 12 millions de kilogrammes de coton. À la même époque, la Grande-Bretagne en manufacturait 45 millions de kilogrammes. Le prix du kilogramme de chaîne filée n° 30 s'élevait alors, en France, à 12 fr. 60; celui des tissus anglais pour l'exportation, à 12 francs. On estimait à 80 millions de kilogrammes environ la quantité totale de coton consommée en Europe.

Quand s'ouvrit l'Exposition de 1819, les filateurs français produisaient déjà avec une grande perfection les fils du n° 80 au n° 100 et allaient même jusqu'au n° 200. Notre production en tissus approchait de 20 millions de kilogrammes. Les Anglais manufacturaient 69 millions de kilogrammes; ils avaient, dans une large mesure, substitué la vapeur à l'action des chevaux pour la préparation dans les filatures et à celle de l'homme pour la mise en mouvement des mule-jennys. Cette transformation commençait seulement à se dessiner en France et ne devait se généraliser qu'après 1830.

L'Exposition de 1823 mit en lumière les progrès nouveaux de la filature nationale, qui atteignait le n° 291, et la bonne qualité de nos tissus.

Vers 1825, la quantité de coton transformée en Europe était de 140 millions de kilogrammes, dont 28 pour la France et 73 pour l'Angleterre. Le prix du kilogramme de chaîne filée n° 30 descendait à 6 fr. 40. Se sentant assez forte, la Grande-Bretagne levait l'interdit frappant depuis 1700 les tissus de coton, et les admettait moyennant un droit de 20 p. 100.

En 1826, l'industrie cotonnière française entra dans une période de crise. Cette ère de souffrance fut attribuée à la surproduction; pourtant, nous consommions beaucoup plus de filés que nous n'en produisions. Le mal tenait à des causes multiples : droits énormes de douane sur les matières premières; droits de navigation; entraves à

l'industrie et au commerce; haut intérêt de l'argent; manque de capitaux; prix élevé de nos produits; introduction en contrebande des tissus ou des fils étrangers sur le sol de la France et de ses colonies; etc. La Commission d'enquête chargée de faire un rapport au sujet de la crise économique rédigea un long cahier de doléances et présenta un programme étendu de réformes, qui ne péchait point par défaut d'ampleur : tout y était, jusqu'au conseil d'une bonne administration et d'un loyal gouvernement, afin de ramener la confiance et la sécurité. À l'enquête de 1828 en succédèrent d'autres, spécialement celle de 1834.

L'Angleterre continuait à progresser. Elle avait pu réduire à 10 p. 100 ses droits d'entrée sur les tissus de coton et manufacturait, en 1834, 125 millions de kilogrammes de coton. Ses efforts se portaient principalement vers la production des tissus communs destinés à l'exportation; le prix moyen de ces tissus ne dépassait pas 6 francs par kilogramme.

De son côté, l'industrie française, sortie de la période d'affaissement qu'elle venait de traverser, et qu'avaient encore aggravée les événements de 1830 et l'épidémie de 1831, perfectionnait ses procédés. Vers 1834, elle travaillait 38 millions de kilogrammes de coton, possédait 3 millions de broches et 5,000 métiers mécaniques, faisait couramment les fils du numéro 200 et allait même au numéro 300, élevait à 30 grammes par broche et par journée de treize ou quatorze heures le rendement en fil numéro 30, n'avait plus en moyenne qu'un ouvrier pour 50 broches, commençait à employer les métiers à la Jacquard, et réussissait dans les tissus fins, d'une consommation malheureusement moins considérable et d'une vente moins facile que celle des tissus communs dont les Anglais s'étaient fait une spécialité. Le prix du kilogramme de chaîne filée numéro 30 avait pu être abaissé à 5 fr. 60.

Afin de faciliter la fabrication des tulles et des mousselines, les pouvoirs publics venaient de lever et de remplacer par un droit protecteur la prohibition des fils numéros 143 et au-dessus. Cette mesure troubla et enraya un peu la filature du coton fin; mais le mal ne fut pas de longue durée; d'ailleurs, comme le prix du coton filé diminuait constamment, le droit, qui était fixe, ne tarda pas à représenter

40 p. 100 de la valeur, chiffre suffisant pour contenter les plus ardents protectionnistes.

Un fait mérite encore d'être signalé à cette époque : c'est la tendance à la séparation de la filature et du tissage, qui réussissait du reste beaucoup mieux en France.

Lors de l'Exposition de 1839, nous manufacturions 52 millions de kilogrammes de coton. Le nombre des broches françaises était de 3,400,000 et leur débit de 1 kilogramme par 24 broches, chiffre notablement supérieur à celui de 1834. On ne payait plus que 4 francs le kilogramme de fil ordinaire.

De 1840 à 1851, les progrès de l'industrie cotonnière se poursuivirent sans interruption. En 1844, la France consommait 58 millions de kilogrammes de matière première, disposait de 3,600,000 broches rendant chacune 25 p. 100 de plus qu'en 1834, abaissait à 3 fr. 60 le prix du kilogramme de chaîne numéro 30, et ne recourait plus au tissage à la main que pour des tissus très ordinaires. Peu après, un dénombrement des métiers mécaniques en fixait le nombre à 31,000.

Au milieu du siècle, le poids des cotons mis en œuvre par les filatures de l'Europe et des États-Unis était de 559 millions de kilogrammes, savoir : Angleterre, 277; France, 64; Russie, 31; Autriche, 30; Zollverein, 18; Espagne, 10; Belgique, 10; Suisse, 9; États-Unis, 110. Mimerel, rapporteur du jury de l'Exposition universelle de 1851, évaluait ainsi le nombre des broches : Angleterre, 18 millions; États-Unis, 5,500,000; France, 4,500,000; Autriche, 1,400,000; Suisse, 960,000; Zollverein, 900,000; Espagne, 700,000; Belgique, 400,000. D'après lui, les produits fabriqués annuellement représentaient un poids de 485 millions de kilogrammes et une valeur dépassant 3 milliards, dont deux environ distribués en salaires; la filature et le tissage occupaient 5 millions d'individus et leur procuraient une rémunération journalière variant de 0 fr. 20 à 8 francs, suivant l'âge, la capacité professionnelle et le pays.

Malgré le prix supérieur de la main-d'œuvre en Angleterre, ce pays avait marché à pas de géant; grâce à sa puissante organisation industrielle, à ses ports, à ses mines de charbon, à ses moyens intérieurs de transport, il produisait à meilleur marché que ses concurrents. Le fil

n'y coûtait pas en moyenne plus de 2 fr. 50 le kilogramme; la valeur courante des tissus destinés à l'étranger était de 4 fr. 50. Tant en fils qu'en tissus, les fabricants anglais exportaient 174 millions de kilogrammes, estimés à 672 millions. Le nombre des métiers mécaniques à tisser dépassait 250,000. Néanmoins la Grande-Bretagne commençait à redouter la concurrence des États-Unis et de la Russie.

Dans ses conclusions, Mimerel classait ainsi les nations : pour le bon marché, l'Angleterre, et après elle les États-Unis et la Suisse; pour l'importance des valeurs créées, l'Angleterre et, fort loin en arrière, la France et les États-Unis; pour la perfection, la France, l'Angleterre et la Suisse.

Pendant la période de 1850 à 1860, l'industrie cotonnière jouit d'une extrême prospérité. Mais l'ancien monde était devenu tributaire du nouveau pour l'alimentation de ses usines : vers 1860, sur 562 millions de kilogrammes de coton importés annuellement en Angleterre et représentant plus des quatre cinquièmes de la consommation européenne, les États-Unis fournissaient à eux seuls 425 millions de kilogrammes; il ne restait ainsi que 137 millions de kilogrammes pour les autres pays producteurs. L'Europe se préoccupait à peine du danger auquel elle serait exposée, si ses relations avec l'Amérique venaient à être interrompues, lorsque éclata comme un coup de foudre la guerre de Sécession, qui devait durer jusqu'à la chute de Richmond, en 1865. Immédiatement, la matière première subit un renchérissement considérable : le coton de la Louisiane, coté à 1 fr. 68 le kilogramme sur le marché de Liverpool en décembre 1860, monta progressivement à 7 fr. 26, au mois de juillet et d'août 1864; en 1867, la cote était encore de 2 fr. 30. Cette hausse inattendue porta une atteinte profonde à la filature du coton. Des hommes d'initiative encouragèrent la culture du coton dans divers pays où elle n'existait pas. Les filateurs, de leur côté, s'ingénièrent à remplacer les cotons de l'Amérique par ceux de l'Inde, depuis longtemps presque délaissés; en modifiant leurs machines, en donnant au fil plus de torsion, ils parvinrent à introduire largement le coton indien dans la consommation. Grâce à ces mesures, l'approvisionnement de l'Angleterre put se répartir ainsi, pour l'année 1865 : États-Unis, Bahamas et Mexique,

95 millions de kilogrammes; Indes anglaises, 221; Égypte, 87; Brésil, 18; Chine, 13; littoral de la Méditerranée (Égypte exceptée), 23; autres pays, 22. C'était, au total, 479 millions de kilogrammes. L'année suivante, l'importation anglaise remontait à 667 millions de kilogrammes, dont 236 des États-Unis. Malgré la crise, l'Europe et particulièrement la Grande-Bretagne n'avaient pas perdu courage. Il convient d'ajouter que le traité de commerce de 1860 avec la France stimulait les industriels anglais, en présageant de nouveaux débouchés pour leurs vastes manufactures.

En 1867, le nombre des broches de filature était passé à 57 millions environ : Angleterre, 34 millions; États-Unis, 8 millions; France, 6,800,000; Zollverein, 2 millions; Autriche, 1,500,000; Suisse, 1 million; Belgique, 625,000; autres pays, 3 millions. Comptées à raison de 30 francs l'une[1], ces 57 millions de broches représentaient un capital de 1,700 millions de francs. Le poids de coton filé atteignait 950 millions de kilogrammes; on estimait à 3 milliards et demi la valeur du fil livré à la consommation; ce chiffre, ajouté aux milliards du tissage et de l'impression, faisait de l'industrie du coton la plus importante des industries textiles.

Partout, la filature tendait à se constituer sur des bases plus larges : outillage perfectionné, force motrice plus puissante, aménagement plus économique par sa concentration dans un petit nombre de grands établissements. Les tâtonnements avaient cessé; la construction des machines à filer avait ses lois précises et un outillage spécial opérant avec une précision mathématique; la peigneuse Heilmann se répandait; les métiers à filer self-acting gagnaient sans cesse du terrain.

Dans la branche du tissage, le travail automatique progressait également. On admira, à l'Exposition de 1867, la puissance productrice de l'Angleterre, qui consommait à elle seule plus de la moitié du coton fourni par le monde entier, possédait 400,000 métiers et maintenait son exportation d'étoffes au-dessus de 1 milliard, à l'époque la plus critique de la crise. La France n'avait pas moins de 80,000 métiers mécaniques et de 200,000 métiers à bras; notre fabrication, souvent supérieure à celle des autres peuples au point de vue du soin, de la

[1] Évaluation de M. Mimerel fils, rapporteur du jury à l'Exposition universelle de 1867.

qualité et du fini, était en revanche trop coûteuse; invoquant l'exemple de l'Angleterre, Jules Kœchlin, rapporteur du jury, reprochait aux industriels français leur tendance à se passer d'intermédiaires, à supporter les stocks, à faire eux-mêmes le crédit, à diviser ainsi leurs forces. Mulhouse présentait une incontestable supériorité dans l'industrie des impressions, comme pour les tissus les plus fins, les plus transparents et les plus riches; Rouen n'avait point avancé aussi vite dans la voie du progrès, et le rapporteur appelait le stimulant salutaire du libre échange complet : il n'est pas sans intérêt de noter ce vœu, qui jetait une note discordante dans le concert du protectionnisme.

L'Exposition de 1878 permit de constater un nouvel accroissement du nombre des broches de filature : Angleterre, 41,000,000; Amérique, 10,500,000; Allemagne, 4,650,000; France, 4,600,000; Russie, 3,000,000; Suisse, 1,850,000; Espagne, 1,750,000; Autriche, 1,555,000; Indes, 1,250,000; Belgique, 800,000; Italie, 800,000; Suède et Norvège, 305,000; Pays-Bas, 230,000; ensemble, 72,290,000. À elle seule, l'Angleterre possédait les quatre septièmes du nombre total des broches, et, malgré l'établissement de filatures dans les pays qu'elle alimentait antérieurement, l'augmentation y avait été plus forte que partout ailleurs; la consommation anglaise n'absorbant pas plus de 15 à 20 p. 100 de la production en filés, 80 p. 100 environ restaient pour approvisionner l'étranger. La guerre franco-allemande et l'annexion de l'Alsace nous avaient fait perdre 1,670,000 broches; il nous en manquait de 300,000 à 350,000 pour alimenter le tissage; mais, par suite de la concurrence entre l'Angleterre et la Suisse, le déficit était comblé sans trop lourdes charges.

Nos filatures avaient complètement transformé leur matériel depuis 1860, et quelques-unes d'entre elles pouvaient être citées comme des modèles. Parmi les échantillons de filés exposés dans la section française, plusieurs allaient jusqu'au numéro 400; néanmoins la filature en fin, principalement concentrée à Lille, manifestait une tendance à réduire la finesse moyenne de ses produits. M. Carcenac, rapporteur du jury, attribuait ce fait aux difficultés inhérentes à notre climat, moins humide que celui de l'Angleterre; peut-être les variations de la mode y avaient-elles aussi une large part. Les tissus français de coton

pur ou mélangé étaient tous justement appréciés; nous avions d'ailleurs développé notre tissage mécanique, qui, malgré la perte de l'Alsace, comptait environ 68,000 métiers. Un grand établissement de teinture et d'apprêts avait été créé de toutes pièces à Thaon (Vosges); la blanchisserie de Senones venait de prendre une extension considérable. Mais l'impression, qui constitue de même que le blanc et la teinture une des trois industries finisseuses, ne s'était pas encore implantée au centre des tissages vosgiens; bien qu'ayant peut-être manqué un peu d'initiative pour le transport en France de l'industrie mulhousienne, l'impression normande témoignait cependant d'heureux progrès, dus surtout à l'emploi de couleurs nouvelles, dérivées de l'aniline et de l'alizarine, ainsi qu'à l'application des couleurs solidifiées par le vaporisage.

La Grande-Bretagne souffrait de sa surproduction et avait dû abaisser dans une forte proportion le prix de ses filés, dont l'exportation en 1876 atteignait 145 millions de livres anglaises; elle excellait dans les fils retors. Ses tissus blancs étaient irréprochables au point de vue de la qualité, de l'apprêt et de la variété; les tissus de couleur n'offraient pas la même supériorité. Le nombre des métiers dépassait 480,000.

Sans cesse grandissant, les États-Unis montraient avec une légitime fierté leurs immenses progrès : de 760,000 balles en 1867, la consommation était passée à plus de 1,500,000 en 1878. L'industrie américaine avait su s'affranchir de la tutelle anglaise pour ses machines et profiter de l'expérience des autres pays. Elle possédait 190,000 métiers à tisser. Son exportation se chiffrait par 285 millions de francs; les manufacturiers américains soutenaient la lutte contre ceux de la Grande-Bretagne en Chine, à la Plata, au Canada, à Haïti, en Afrique, en Autriche, en Allemagne et jusque sur le sol anglais lui-même.

Protégée par des droits très élevés, l'industrie russe s'était singulièrement développée. Elle avait 60,000 métiers mécaniques de tissage et 40,000 à 50,000 métiers à la main, occupait 200,000 ouvriers et exportait dans l'Asie centrale, la Chine, la Perse, l'Asie Mineure, etc.

Les filateurs suisses exposaient des produits supérieurs, atteignant le numéro 600. Quant au tissage de la Confédération helvétique (près de 23,000 métiers mécaniques et 20,000 métiers à la main), il était fort bien représenté, spécialement dans les articles de couleur à destination de l'Amérique du Sud, de l'Afrique, des Indes, du Japon. À cette époque, la Suisse imprimait une grande quantité de bakicks pour Java et l'archipel Indien.

En 1889, la consommation du coton dans le monde atteignait 11,400,000 balles de 400 livres anglaises, ou 2 milliards de kilogrammes (7 millions de balles venant des États-Unis, 2 millions et demi des Indes orientales, le surplus de l'Égypte, de l'Amérique du Sud et de l'Asie Mineure); par rapport à 1870, l'accroissement était de 85 p. 100. Le total se répartissait ainsi : Angleterre, 3,770,000 balles (augmentation de 25 p. 100 par rapport à 1870); Europe continentale, 4,069,000 balles (augmentation de 110 p. 100); États-Unis, 2,692,000 balles (augmentation de 140 p. 100); Indes orientales, .891,000 balles (augmentation de 1,015 p. 100). Deux faits essentiels frappaient l'esprit : d'une part, l'immense espace franchi par les États-Unis; d'autre part, la progression beaucoup plus rapide dans l'Europe continentale qu'en Angleterre. L'essor de l'industrie américaine s'expliquait par la richesse du nouveau monde en matière première, par son initiative, par son système douanier, par l'élasticité de son marché intérieur, par la facilité et l'étendue de ses relations commerciales avec les régions du Pacifique et des mers de la Chine ou du Japon. Quant au second fait, il était plus inattendu : pour la première fois, en 1888 et 1889, l'Europe continentale avait absorbé plus de coton que la Grande-Bretagne. La plupart des marchés européens tendaient à se suffire. Cependant l'Angleterre ne s'en préoccupait pas outre mesure : en effet, l'Europe n'entrait que pour un quatorzième environ dans son exportation de tissus, estimée à 1,285 millions de francs, et, si la part européenne dans l'exportation des fils atteignait 52 p. 100, on devait remarquer que la valeur de cette dernière exportation ne dépassait pas 292,500,000 francs, que la création des filatures présentait des difficultés bien supérieures à celles de la constitution des tissages, que longtemps encore les tisseurs resteraient

tributaires de Manchester et de Glasgow, surtout pour les filés fins, peu protégés par la législation douanière des divers pays. De plus, il fallait porter au compte de l'Angleterre le développement de l'industrie des Indes due à ses capitaux.

La consommation se chiffrait comme il suit dans les différentes parties de l'Europe continentale : Allemagne, 850,000 balles; France, 700,000; Russie d'Europe, 600,000; Espagne et Portugal, 450,000; Italie, 400,000; Suisse, 400,000; Autriche-Hongrie, 400,000; Belgique, 180,000; autres pays, 80,000. Nous ne venions qu'au second rang : l'annexion de l'Alsace avait permis à l'Allemagne de prendre la tête.

D'après les dénombrements de l'époque, la Grande-Bretagne avait 40,500,000 broches, non compris les broches à retordre, et 615,000 métiers à tisser; l'Europe continentale, 24,575,000 broches; les États-Unis, 14,400,000 broches; les Indes orientales, 2,900,000 broches et 22,000 métiers. Notre contingent était de 5,090,000 broches, 72,800 métiers mécaniques de tissage et 28,200 métiers à bras.

En France, il n'existait pas de maisons réunissant, comme en Angleterre, aux États-Unis, en Russie et en Belgique, toutes les branches de l'industrie cotonnière. La production y était divisée et spécialisée. Cette spécialisation avait ses avantages et ses inconvénients : elle grevait les prix de revient et entravait ainsi l'exportation; mais, en revanche, elle assurait à la marchandise un fini et une perfection qui se rencontraient rarement à l'étranger.

Des progrès considérables avaient été accomplis depuis 1878 par les producteurs français. Tout était mis en œuvre pour diminuer le prix de fabrication et, par suite, le prix de vente. Les machines de filature, plus rapides, rendaient davantage; des métiers à plusieurs navettes remplaçaient les anciens métiers employés au tissage des articles de fantaisie; la fabrication de ces articles se généralisait, sauf dans la région de l'Est qui continuait à réussir spécialement pour les écrus et les articles fins devant être blanchis ou teints. Une extension considérable donnée à l'emploi des fils de couleur avait déterminé des perfectionnements dans la teinture du coton. Nos manufacturiers abor-

IMPRIMERIE NATIONALE.

daient certains articles jusqu'alors exclus de leur fabrication et reprenaient d'autres articles abandonnés.

Parmi les nations étrangères exposant en 1889, la Russie se distinguait particulièrement. Le rapporteur du jury attribuait le développement de l'industrie cotonnière russe aux mesures de protection prises par le Gouvernement, à la baisse du cours du rouble, à l'amélioration des moyens de transport. Il citait deux maisons occupant, l'une 35,000, l'autre 14,000 ouvriers : rien de comparable n'existait ni en Angleterre, ni aux États-Unis. Naguère encore tributaires de la Grande-Bretagne pour les filés et les tissus écrus, de l'Allemagne, de l'Autriche, de la Suisse ou de l'Alsace pour les tissus teints et les tissus imprimés, les Russes parvenaient à se suffire et limitaient leur importation aux articles de luxe et de fantaisie.

Nous venons de parcourir rapidement le siècle, de son origine à 1889. Il ne nous reste qu'à envisager la situation vers 1900.

Comme je l'indiquais dans un précédent chapitre, la récolte visible du coton dans le monde, pendant les trois années 1898, 1899 et 1900, a atteint en moyenne 3,550 millions de kilogrammes (3,600 millions de kilogrammes en 1898, 3,799 millions en 1899, 3,249 millions en 1900). La production de 1899 et celle de 1900 se sont réparties comme il suit :

	1899.	1900.
	kilogrammes.	kilogrammes.
États-Unis	2,431,200,000	1,999,000,000
Indes anglaises	622,600,000	464,600,000
Égypte	246,200,000	285,400,000
Asie centrale, Pérou, Brésil, etc.	179,600,000	179,600,000
Chine, Corée	320,000,000	320,000,000

Abstraction faite des stocks, la consommation des principaux pays manufacturiers aurait été de 2,987,325,000 kilogrammes, en 1899, et de 2,870,100,000 kilogrammes, en 1900, ce dernier chiffre se décomposant ainsi : Grande-Bretagne, 750,150,000 kilogrammes; continent d'Europe, 1,029,600,000; États-Unis, 852,075,000; Indes anglaises, 238,275,000. En tenant compte des stocks, il y a lieu de ramener la consommation de 1900 à 2,866 millions de kilogrammes.

On n'évalue pas à moins de 105 millions environ le nombre des broches de filature: Grande-Bretagne, 45,400,000; continent d'Europe, 33 millions; États-Unis, 19,100,000; Indes anglaises, 4,945,000; pays divers, 2,500,000. Depuis quinze ans, l'augmentation annuelle est régulièrement de 1 1/2 à 2 p. 100. Seule, la Grande-Bretagne reste à peu près stationnaire; elle n'en conserve pas moins un monopole presque exclusif pour les filés fins. Notre outillage actuel comprend 5,500,000 broches et près de 100,000 métiers mécaniques à tisser.

D'après les documents publiés par le Ministère du commerce et de l'industrie, la situation des divers pays, au point de vue de leur commerce extérieur, était la suivante en 1900 :

PAYS.		IMPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.			EXPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.		
		COTON.	FILS.	TISSUS.	COTON.	FILS.	TISSUS.
Europe...	Allemagne	420,8	76,5	43,6	53,7	302,8	280,5
	Autriche-Hongrie	160,6	26,8	13,0	″	″	16,1
	Belgique	40,1	4,4	37,1	″	″	30,8
	Bulgarie	″	2,8	4,4	″	″	″
	Danemark	″	5,2	(1) 14,7	″	″	0,2
	Espagne	82,7	3,6	6,3	″	″	34,1
	France	248,9	14,9	48,4	44,2	5,4	174,4
	Grèce	1,2	0,9	2,0	″	″	″
	Italie	150,9	5,1	7,6	2,6	11,5	30,8
	Norvège	3,2	3,7	10,2	″	″	″
	Pays-Bas	52,4	58,8	31,1	29,9	12,5	71,3
	Portugal	25,1	2,3	14,5	″	″	11,6
	Royaume-Uni (2)	1,033,6	″	120,4	″	195,2	1,563,9
	Russie	169,1	10,5	5,3	″	″	″
	Suède	19,9	3,9	9,0	″	″	0,6
	Suisse	34,0	9,2	35,8	″	20,0	146,0
Afrique..	Cap	″	″	26,1	″	″	″
	Égypte	″	4,4	50,9	333,8	″	″
Amérique.	Canada	23,4	″	33,5	″	″	″
	États-Unis	42,5	206,1		1,252,7	123,5	
Asie.....	Chine	6,8	112,6	169,4	36,8	″	″
	Indes anglaises	″	60,1	662,9	243,7	172,0	64,1
	Japon	150,8	18,7	45,7	″	52,2	″
Australie.	Victoria	″	″	20,5	″	″	″

(1) Y compris les tissus de lin et de chanvre.
(2) À l'inverse des statistiques de l'importation, celles de l'exportation ne comprennent que le commerce spécial

Les prix relativement élevés du coton atteignaient en France : 1 fr. 30 le kilogramme pour les provenances des États-Unis; 1 fr. 37 pour celles de l'Egypte; 1 fr. 16 pour celles des Indes anglaises.

Des modifications heureuses ont été réalisées dans l'industrie cotonnière française, pendant la dernière période décennale du siècle. Grâce au renouvellement de son outillage et à l'accroissement du nombre de ses broches, notre filature n'est plus loin de suffire aux besoins des tisseurs, qui, auparavant, devaient faire largement appel à l'étranger pour certaines catégories de filés. Plusieurs manufactures se sont organisées de manière à produire la chaîne double mèche, dont nous devions nous approvisionner au delà de la frontière, notamment en Suisse. La propagation du métier continu a diminué les prix de revient. On constate de grands progrès pour les filés teints en bourre ou en bobine, ainsi que pour les jaspés et les mélangés. Une variété sans cesse croissante se manifeste dans les tissus; les étoffes lisses ou croisées d'autrefois cèdent devant la jacquard ou les armures; mélangés au coton pur, la soie ou les fils de coton mercerisé fournissent des effets surprenants.

Au cours des années 1898, 1899 et 1900, la quantité moyenne de coton restée en France pour la consommation a approché de 170 millions de kilogrammes. L'exportation, qui, après avoir atteint 54,000 tonnes, était descendue au-dessous de 20,000 tonnes, est remontée à plus de 30,000 tonnes; il y a lieu de s'en féliciter pour la prospérité du marché du Havre et pour la facilité d'approvisionnement des filatures françaises; nous devons redoubler d'efforts dans la défense contre les avantages qu'offrent Anvers, Brême et les voies étrangères au point de vue des transports vers l'Alsace et la Suisse.

Il y a vingt ans, la valeur des fils importés oscillait aux environs de 40 millions; celle des fils exportés ne surpassait guère 3 millions. De 1898 à 1900, les entrées sont tombées à moins de 14 millions, tandis que les sorties montaient à près de 5 millions.

Notre importation de tissus, supérieure à 75 millions en 1884, a subi une notable réduction (43 millions environ pour la période 1898-1900). D'autre part, l'exportation, continuant sa marche ascendante, s'est élevée à 174 millions en 1899 et en 1900. Les princi-

paux mouvements, classés par nature d'articles, ont été les suivants en 1900:

		IMPORTATION. — francs.	EXPORTATION. — francs.
Tissus de coton pur unis, croisés et coutils	écrus	1,166,000	14,375,000
	blanchis ou fabriqués avec des fils blanchis	876,000	24,304,000
	teints ou fabriqués avec des fils teints	1,560,000	47,895,000
	imprimés	4,452,000	3,450,000
Brillantés et façonnés		1,287,000	1,695,000
Tulles unis		215,000	2,045,000
Dentelles mécaniques et tulles bobinots		8,916,000	33,829,000
Dentelles à la main		8,207,000	778,000
Bonneterie		3,113,000	16,030,000
Passementerie		880,000	6,403,000
Rubanerie		237,000	1,911,000
Broderies à la main ou mécaniques		11,495,000	7,585,000
Toiles cirées		2,439,000	432,000
Étoffes mélangées		919,000	9,759,000

La France fait venir surtout le coton des États-Unis et de l'Egypte; elle achète des fils en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, en Suisse, et des tissus en Allemagne et en Angleterre. Ses débouchés les plus importants sont: pour le coton, l'Allemagne et la Belgique; pour les fils, l'Angleterre, la Belgique, la Suisse, l'Algérie, la République Argentine, l'Indo-Chine, la Tunisie; pour les tissus, l'Algérie, la Belgique, les États-Unis, l'Angleterre, Madagascar, l'Indo-Chine, la République Argentine. Nous ne saurions faire trop d'efforts en vue de développer nos ventes déjà considérables de tissus aux colonies et pays de protectorat.

Depuis vingt ans, l'industrie cotonnière *allemande* a pris un essor prodigieux; elle compte près de 8 millions de broches et plus de 80,000 métiers à tisser; sa consommation annuelle de coton est passée de 177 millions de kilogrammes, en 1880, à 315 millions de kilogrammes. Les centres manufacturiers les plus actifs sont en Saxe, dans les provinces rhénanes, en Bavière.

Après des débuts pénibles, l'*Autriche* est arrivée à avoir également 8 millions de broches et 80,000 métiers de tissage. Le travail du coton présente une grande intensité dans le nord de la Bohême, la basse Autriche et le Vorarlberg.

La *Belgique* possède 800,000 broches de filature simple, 240,000 broches de retordage, 12,000 métiers mécaniques de tissage et plus de 8,000 métiers à la main. Aujourd'hui, la production gantoise trouve de précieux débouchés au Congo.

C'est en *Espagne* qu'arrivèrent les premières balles de coton importées d'Amérique. On peut évaluer à 2,600,000 environ le nombre des broches dont dispose l'industrie espagnole ; cette industrie s'est particulièrement développée dans la Catalogne. Les importations de tissus ont beaucoup diminué.

Dotés comme ils le sont au point de vue de la matière première, les *États-Unis* devaient nécessairement donner à leurs manufactures une impulsion exceptionnelle. La filature (19 millions de broches) a triplé son outillage en trente ans. Des progrès analogues se sont accomplis dans le tissage, où l'introduction du métier Northrop constitue une véritable révolution.

Avec ses 45 millions de broches, ses 700,000 métiers à tisser et ses 530,000 ouvriers, la *Grande-Bretagne* représente, à elle seule, près de la moitié de la puissance productive du monde.

En 1870, l'*Italie* n'avait que 450,000 broches ; actuellement, elle dépasse 2 millions. Le tissage emploie 100,000 métiers mécaniques et n'a pas entièrement abandonné les métiers à bras. Un assez vaste champ d'exportation est ouvert aux produits italiens dans l'Amérique du Sud.

Avançant d'un pas rapide, le *Japon* comptait, dès 1900, plus de 1,200,000 broches ; le travail du tissage suivait une marche parallèle.

Sous l'action des causes qui ont été précédemment signalées et auxquelles se sont jointes les conquêtes de la culture cotonnière dans l'Asie centrale, la *Russie* a brûlé les étapes, porté le nombre de ses broches à plus de 8 millions, amplement élargi le domaine de son tissage et de son impression, mis en œuvre les procédés les plus nou-

veaux et les plus perfectionnés. Presque partout, la force motrice y est demandée à l'énergie électrique. Moscou, le gouvernement de Wladimir, celui de Kostroma et Saint-Pétersbourg tiennent la tête du mouvement. Plusieurs manufactures ont une importance qui ne se rencontre nulle part ailleurs.

La *Suisse* reste stationnaire. Si le nombre des métiers à tisser (18,000) accuse une augmentation, celui des broches (1,595,000) a, au contraire, légèrement fléchi.

2. Fils et tissus de lin, de chanvre, etc. Produits de la corderie. — C'est seulement à la période comprise entre 1820 et 1824 que remonte la filature mécanique en grand du *lin* dans le Royaume-Uni. Des essais plus ou moins heureux avaient été faits antérieurement, mais ne donnaient que des résultats incomplets; la révolution a daté du jour où nos voisins ont recouru au système de l'eau chaude et aux peignes sans fin. Marshall de Leeds monta dans ses ateliers plus de 40,000 broches, Hives et Atkinson en installèrent 30,000, et l'on comptait 100 autres manufactures en activité.

Ainsi outillée, l'Angleterre monopolisa presque la grande industrie manufacturière du lin. Elle s'était complètement assimilé, en les perfectionnant, les belles découvertes de Philippe de Girard ; elle y avait, d'ailleurs, ajouté la préparation des étoupes par des procédés et à l'aide de machines analogues à celles de l'industrie cotonnière, mais de dimensions plus considérables. Nos ingénieurs durent aller y chercher les méthodes et les métiers que la France avait trop longtemps dédaignés. Ils le firent au prix de longues études et de gros sacrifices pécuniaires, parfois même au péril de leur liberté : car la Grande-Bretagne interdisait la sortie de ses mécanismes. Féray d'Essonnes, Scrive de Lille, Vaison d'Abbeville, Malo et Dickson de Dunkerque, Decoster de Paris, réussirent à doter la France des appareils qui lui faisaient défaut.

Vers 1840, l'Angleterre avait 1 million de broches, dont 200,000 dans le comté d'York, 100,000 dans le comté de Lancastre, 500,000 en Écosse et 200,000 en Irlande. La France n'en possédait que 57,000; la Belgique, 45,000; le Zollverein (Prusse, Bavière, Bade,

Wurtemberg), 60,000. Quant à l'Autriche, elle entreprenait à peine la filature mécanique. Bien des causes expliquaient l'énorme avance prise par les Anglais : leur esprit de suite et d'ordre dans les exploitations industrielles, leur persévérance, la générosité de leurs associations à l'égard des ingénieurs ou constructeurs, leurs immenses ressources matérielles et commerciales, leur expérience en mécanique, la confiance que devaient leur inspirer les succès de l'industrie cotonnière, l'intérêt considérable qui s'attachait à la suppression du travail manuel eu égard au taux élevé des salaires.

Le 15 mai 1840, Philippe de Girard adressait au Gouvernement français une pétition dans laquelle, revendiquant pour son pays l'invention des procédés soi-disant nouveaux de filature du lin et du chanvre, il proposait de créer, sous sa direction et celle d'autres professeurs, un établissement national destiné à former des ouvriers et contremaîtres habiles. Cette proposition demeura sans suite.

Quand s'ouvrit l'Exposition universelle de 1851, on comptait 1,500,000 broches en Angleterre, 300,000 en France, 100,000 en Belgique, 80,000 dans le Zollverein, 30,000 en Autriche. À côté de très grandes manufactures, il y en avait beaucoup de plus modestes: la moyenne du nombre des broches par établissement variait de 2,500 à 3,000, sauf en Belgique où elle atteignait 6,000. L'Angleterre, exportant une large part de sa production de fils, concentrait ses principaux moyens d'action sur les numéros moyens ou fins: car les frais de transport et les tarifs de douane rendaient les marchés étrangers inabordables aux fils trop communs. Au contraire, la France, travaillant bien plus pour sa consommation intérieure que pour le dehors, se consacrait principalement à la filature en gros; le filage mécanique du chanvre y jouait d'ailleurs un rôle important. Lille se voyait disputer par les Anglais et les Belges sa vieille supériorité pour le retordage des fils de couture. La Belgique excellait dans le filage manuel et réalisait des prodiges de finesse : certains fils, destinés aux dentelles superfines, étaient cotés à raison de 7,000 francs le kilogramme, c'est-à-dire au double du prix de l'or. On évaluait la réduction du prix des fils de lin en Angleterre à 80 p. 100, pendant la période de 1813 à 1833

correspondant à l'installation de la filature mécanique, et à 35 p. 100, pendant la période de 1834 à 1849. Indépendamment de cette diminution du prix des filés, les machines avaient apporté d'autres avantages et facilité le travail du tisseur, en lui donnant des fils égaux et réguliers, en lui permettant de s'approvisionner sans peine et au jour le jour.

Le tissage résistait à l'invasion des métiers mécaniques. Il n'y avait guère plus de 1,000 métiers de ce genre en Angleterre ni plus de 600 en France. Mais une tendance se manifestait à la concentration dans des ateliers où le travail, mieux ordonné et mieux surveillé, acquérait plus de perfection. Le rapporteur de la Commission française formait des vœux pour le maintien du tissage à la main, si favorable aux ouvriers de la campagne. Malgré leur bonne qualité, nos tissus luttaient péniblement contre ceux de la Belgique, de l'Allemagne et de l'Angleterre, faute d'une variété suffisante et surtout d'un apprêt soigné; cependant la prééminence des batistes françaises demeurait incontestée. De 1813 à 1849, une diminution notable s'était produite dans le prix des tissus de lin : pour la toile anglaise à voiles, elle pouvait être estimée à 50 p. 100.

En 1855, la peigneuse Heilmann avait fait son apparition; sans révéler aucune découverte nouvelle, les machines de filature n'en continuaient pas moins à se perfectionner et constituaient notamment de véritables chefs-d'œuvre de construction pour les numéros fins; on était arrivé successivement à produire les n°s 100, 200, 300 et même 400 du numérotage anglais (60,000, 120,000, 180,000 et 240,000 mètres au kilogramme). L'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande avaient 1,400,000 broches en activité; la France, 500,000; la Belgique, 150,000; l'Autriche, 120,000; la Prusse, 80,000; les autres États de l'Allemagne, 20,000; la Russie, 60,000; les autres pays, 70,000 : c'était un total de 2,400,000 broches. Le tissage mécanique prenait quelque extension. Des progrès se manifestaient dans le blanchiment et l'apprêt. La production annuelle de l'industrie linière en Europe s'élevait à 1,500 millions de francs.

L'Exposition de 1867 ne mit point en lumière d'invention capitale.

Toutefois de nombreuses modifications d'ordre secondaire étaient venues perfectionner sensiblement l'outillage; les établissements offraient des conditions meilleures au point de vue de la facilité du travail et de l'hygiène; la production augmentait, en même temps que diminuait le prix de revient des produits fabriqués. On continuait à employer concurremment dans la filature les deux méthodes du filage à sec et du filage au mouillé : la première, spéciale aux gros numéros, consistait à filer les mèches telles qu'elles sortaient des bancs à broches; la seconde, appliquée aux numéros moyens ou fins, faisait passer la mèche dans de l'eau chauffée par la vapeur, afin de dissoudre la matière gommeuse et d'étirer plus facilement les fibres. Dans les principaux pays liniers, le nombre des broches en activité atteignait 2,505,000 : Grande-Bretagne, 1,265,000; France, 563,000; Autriche, 211,000; Prusse, 151,000; Belgique, 135,000; Amérique du Nord, 80,000; Russie, 75,000; etc. Les mêmes pays avaient 503,000 broches en construction: Grande Bretagne, 196,000; France, 60,000; Autriche, 116,500; Prusse, 24,500; Belgique, 60,000; Amérique du Nord, 20,000; Russie, 19,000; etc. Depuis quelques années, une véritable révolution s'opérait dans le tissage, par l'emploi de plus en plus général des métiers automatiques, non seulement pour les toiles lourdes, mais aussi pour les toiles fines. La France gardait le premier rang dans la fabrication des batistes, des mouchoirs, du linge damassé.

À l'Exposition de 1878, le rapporteur du jury constatait avec regret une notable diminution de la culture du lin en France et l'attribuait à diverses causes: risques de cette culture; concurrence de la betterave dans la région du Nord; disparition progressive du filage manuel, développement de la filature mécanique, et dès lors exagération des frais de transport imposés aux cultivateurs par l'éloignement entre les centres de travail et les centres de production. Il insistait pour l'abaissement des tarifs de chemins de fer ainsi que pour la création d'ateliers de rouissage et de teillage sur divers points du territoire, afin d'éviter le transport onéreux d'une marchandise aussi encombrante que le lin en paille. D'après ses évaluations, la consommation française se partageait également entre les lins étran-

gers et les lins indigènes. Plusieurs autres pays, spécialement la Grande-Bretagne et l'Autriche-Hongrie, voyaient, comme la France, décliner la culture du lin. Avec ses 700,000 hectares et sa récolte annuelle de 250 millions de kilogrammes, la Russie était la principale nation productrice; elle exportait plus de 180 millions de kilogrammes.

Notre industrie linière, après avoir largement profité de la crise cotonnière, s'était trouvée, dès la fin de 1867, aux prises avec de graves embarras provenant de son excès de production et du développement de la fabrication étrangère. Les événements de 1870-1871 avaient encore aggravé la situation qui restait fort critique, malgré une reprise passagère en 1872. Aussi le nombre des broches était-il descendu au-dessous de 500,000. Les statistiques les plus récentes en accusaient 1,485,000 pour la Grande-Bretagne, plus de 400,000 pour l'Autriche-Hongrie, 285,000 pour la Belgique, 120,000 pour la Russie, 55,000 pour l'Italie.

Le commerce des fils en France avait subi, depuis 1867, une transformation profonde, par suite de l'établissement de rapports directs entre le filateur et l'acheteur. Notre tissage faisait de plus en plus appel aux procédés mécaniques et demeurait à la hauteur de sa vieille réputation; la première place appartenait toujours au département du Nord. Tout en enregistrant nos succès pour les articles de fantaisie et de nouveauté, le rapporteur ajoutait que nous perdions du terrain pour les articles unis et ordinaires, en raison de leur prix excessif.

Après avoir débuté à Leeds et Manchester, la filature britannique, de beaucoup la plus importante du monde, s'était retirée en Écosse et en Irlande. Dans cette dernière région, la fabrication des fils et tissus avait pris un essor merveilleux; on y trouvait près de 1 million de broches et 21,000 métiers mécaniques; les fileuses irlandaises possédaient une extrême habileté. L'industrie anglaise rencontrait dans le voisinage des ateliers de construction de Leeds, Belfast et Dundee un élément précieux de supériorité.

Grâce au bas prix de sa main-d'œuvre, de ses charbons, de ses transports, grâce aussi à sa richesse en lins des qualités les plus

diverses et à sa proximité des cultures hollandaises, la Belgique suivait de près l'Angleterre, toutes proportions gardées; elle avait une exportation considérable. En Autriche-Hongrie, l'industrie du lin s'était rapidement développée depuis vingt ans; elle consommait annuellement 40 millions de kilogrammes, dont les trois quarts récoltés à l'intérieur, et vendait au dehors des quantités importantes de fils; le tissage s'y faisait encore presque exclusivement à la main. L'industrie russe n'était pas en rapport avec la culture du lin dans le pays; pourtant, son exposition témoignait de vigoureux efforts accomplis à la faveur de tarifs douaniers très élevés. Au delà des Alpes, le Gouvernement italien aidait de tout son pouvoir l'industrie naissante. L'Espagne, le Portugal, la Suède, le Danemark et même la Hollande, jadis si célèbre pour ses toiles, restaient tout à fait au second plan.

Pour le chanvre, notre industrie primait celle des autres pays : c'est d'ailleurs en France que se récoltaient les plus belles variétés de ce textile. À notre production de 50 ou 60 millions de kilogrammes s'ajoutaient 15 à 16 millions de kilogrammes, fournis principalement par l'Italie et la Russie : les chanvres italiens, moins forts et moins résistants que ceux de l'Anjou et du Maine, offraient plus de souplesse et se prêtaient mieux à la filature sur les grosses machines à lin; quant aux chanvres russes, ils étaient assez grossiers et difficiles à travailler. Les établissements de filature mécanique, relativement peu développés, filaient presque tous à sec et ne dépassaient guère le n° 20 anglais (12,000 mètres au kilogramme). Nos centres les plus importants de tissage à la machine se trouvaient dans les départements de Maine-et-Loire et de la Sarthe.

Lors de l'Exposition universelle de 1889, notre aire de culture du lin et du chanvre avait continué à se restreindre. Rapprochées des superficies de 1862, celles de 1887 marquaient une réduction de 60 p. 100 en ce qui concernait le lin et de 40 p. 100 en ce qui concernait le chanvre. La diminution, bien qu'atténuée par une augmentation du rendement moyen à l'hectare, n'en était pas moins très regrettable. Il paraissait difficile de l'enrayer, eu égard à la baisse

de 50 p. 100 qui avait frappé les cours du lin et du chanvre depuis 1869, sous l'action de la concurrence du coton ainsi que des végétaux filamenteux de l'Inde et de l'Extrême-Orient. Au surplus, des effets analogues se manifestaient à l'étranger, en Allemagne, en Belgique, en Hollande, dans le Royaume-Uni, en Autriche, en Italie et même en Russie; par exception, les États-Unis semblaient avoir réalisé un léger accroissement.

D'après la statistique générale de la France (1887), nos manufactures comptaient 624,000 broches, 18,080 métiers mécaniques de tissage et 21,000 métiers à bras; mais une partie de ce matériel restait inactive. L'Allemagne possédait 276,000 broches; l'Autriche, 375,000 broches et 60,000 métiers de tissage; la Belgique, 307,000 broches; la Grande-Bretagne, 1,212,000 broches et plus de 60,000 métiers à tisser en Écosse et en Irlande.

Nos fils étaient dignes du vieux renom de l'industrie nationale. Du reste, beaucoup d'établissements secondaires, nés ou développés à la faveur de la guerre de Sécession, avaient disparu depuis la reprise du coton, et les autres avaient su perfectionner leurs moyens d'action, réaliser de sérieux progrès. Cependant la persistance des filateurs français à ne pas produire les filés fins réclamés par les tisseurs de toiles fines et de batistes nous laissait toujours, à cet égard, tributaires de l'étranger. La substitution complète du travail mécanique au travail manuel avait déterminé une baisse considérable du prix des filés : en France, par exemple, le kilogramme de fil du n° 30 anglais (18,000 mètres au kilogramme) ne valait plus que 1 fr. 85, au lieu de 4 fr. 45 en 1836; l'installation déjà ancienne des machines en Angleterre et leur rapide amortissement rendaient la diminution encore plus sensible au delà de la Manche.

Une branche intéressante de la filature, celle de la filterie ou fabrication des fils retors à coudre, à tricoter, à repriser, à broder, etc., constituait un véritable apanage pour les régions de Lille et de Comines. Certaines de nos marques jouissaient, dans le monde entier, d'une légitime célébrité.

Le tissage du lin souffrait cruellement de la concurrence du coton

et même de la laine : dans les campagnes, la toile de coton tendait à remplacer de plus en plus la toile de lin ou de chanvre pour les chemises et les draps; la blouse bleue était délaissée pour des vêtements de laine ou de laine et coton. Un certain nombre de fabricants avaient dû se retirer de la lutte dans la région de l'Ouest; d'autres se maintenaient très péniblement dans la région du Nord; plusieurs s'étaient résignés à mélanger le coton au lin pour les articles qu'il fallait absolument vendre à très bas prix. Néanmoins beaucoup d'entre eux continuaient à livrer des produits remarquables, aussi bien par la façon que par la qualité. Pour les articles de vente courante, le travail mécanique avait éliminé le travail manuel; les machines mues par la vapeur donnaient aux toiles une texture bien plus uniforme et des lisières plus solides. On était même parvenu à tisser mécaniquement les toiles fines et légères avec les n°s 60, 70, 80, 90 et 100; mais l'ancien métier à la main servait encore à la fabrication de ces tissus, des batistes et des linons.

Tandis qu'autrefois trois pays, l'Angleterre, la France et la Belgique, avaient seuls une prééminence marquée, nous subissions, vers 1889, une concurrence redoutable de l'Allemagne, de l'Autriche, de la Russie, sur notre ancien champ extérieur de vente. L'Allemagne notamment venait lutter jusque sur le marché intérieur français.

Les faits généraux signalés à propos de l'Exposition de 1889 sont apparus d'une manière plus frappante encore en 1900. Suivant le distingué rapporteur du jury, M. Faucheur, le nombre des broches, à cette époque, était le suivant dans les principaux pays d'Europe : Grande-Bretagne, 1,133,000; France, 500,000; Allemagne, 299,000; Autriche, 294,000; Belgique, 285,000 à 300,000; Russie, 251,000; Italie, 65,000; Pays-Bas, 11,000. Dans le rapprochement entre ces chiffres et ceux des années antérieures, il importe de ne pas perdre de vue l'augmentation du rendement unitaire par broche. L'Angleterre avait 32,000 métiers mécaniques; la France, 22,000 métiers mécaniques et 20,000 métiers à main.

Parmi les mouvements qu'enregistrent les publications du Ministère

du commerce et de l'industrie pour les échanges des nations étrangères en 1900, quelques-uns méritent d'être cités :

PAYS.		IMPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.			EXPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.		
		MATIÈRE première.	FILS.	TISSUS.	MATIÈRE première.	FILS.	TISSUS.
Europe...	Allemagne	(1) 40,4	"	"	(1) 12,2	"	"
	Autriche-Hongrie	(2) 48,2	"	"	"	"	(2) 22,2
	Belgique	(1) 51,0	(3) 29,9	"	(1) 51,7	(3) 79,4	(2) 16,1
	Espagne	(3) 4,9	(3) 8,0	(3) 2,4	"	"	"
	France	(3) 101,9	(4) 6,2	(4) 10,6	(5) 14,0	(4) 20,9	(4) 11,6
	Italie	"	(2) 10,4	"	(5) 43,7	"	"
	Pays-Bas	"	"	"	(1) 35,9	"	"
	Royaume-Uni	(3) 147,8	"	"	"	(1) 23,6	(1) 131,7
	Russie	"	"	(3) 3,7	(3) 170,5	(5) 1,5	"
	Suisse		(2) 12,6			(2) 1,6	
Amérique.	Canada		(2) 14,4			"	
	États-Unis		(6) 299,7			"	

(1) Lin. — (2) Lin, chanvre et jute. — (3) Lin et chanvre. — (4) Lin, chanvre et ramie. — (5) Chanvre. — (6) Lin, chanvre, jute et autres fibres végétales.

Pendant les dix dernières années du siècle, les machines de filature du lin ne se sont pas modifiées. Mais on a notablement réduit la vitesse des peigneuses et des autres machines de préparation, afin de ménager la matière au commencement du travail et d'accélérer ensuite la marche des métiers à filer. Des améliorations ont été apportées au cardage de l'étoupe; les ingénieurs cherchent encore, pour cette matière, une bonne peigneuse à rendement convenable et de prix modéré. La protection assurée par les tarifs douaniers de 1892 a permis la fabrication, en France, de fils fins supérieurs pour toiles d'Irlande.

Bien que les statistiques certaines fassent défaut, l'extension de notre tissage depuis 1889 paraît indubitable. Les centres où cette industrie offre le plus d'activité se trouvent dans le Nord, en Normandie et dans les Vosges. Malheureusement, le désir du bon marché entrave la fabrication des toiles de première qualité.

Malgré la concurrence du coton, notre filterie de lin garde sa haute réputation. Ses produits sont évalués à 25 millions de francs.

Le chanvre trouve maintenant dans la corderie son débouché dominant.

Au cours des années 1898, 1899 et 1900, notre importation annuelle de matière première a représenté en moyenne 63 millions et demi de francs, pour le lin, et 16 millions 3, pour le chanvre; les deux textiles réunis ont donné lieu à une exportation de 11 millions 4. Les entrées et les sorties des produits manufacturés sont respectivement : de 6 millions 1 et 13 millions 9, en ce qui concerne les fils de lin, de chanvre ou de ramie; de 10 millions 3 et 10 millions 6, en ce qui concerne les tissus faits des mêmes textiles. Nous achetons surtout le lin de Russie, le chanvre d'Italie, les fils et les tissus d'Angleterre. Les pays où s'effectuent nos ventes sont principalement : la Belgique, pour le lin; la Belgique et l'Angleterre, pour les fils; l'Angleterre, la Belgique et les colonies françaises, pour les tissus.

Des différents États étrangers, la Grande-Bretagne est certainement celui où l'industrie linière a toujours le plus d'importance. Le siège de la filature des fils fins, de la fabrication des fils à coudre et du tissage des toiles fines ou moyennes se trouve en Irlande; cette partie du Royaume-Uni présente un climat doux et humide, qui convient parfaitement à la filature; l'Écosse conserve la spécialité des gros numéros en fils secs et des toiles fortes.

Les plantations de *jute* dans les Indes britanniques couvrent plus de 500,000 hectares et donnent une récolte évaluée, en 1897, à 1,250,000 tonnes, dont 700,000 vont aux manufactures locales, tandis que le surplus est exporté en Europe et en Amérique.

De nombreux établissements se sont successivement élevés pour la filature et le tissage du jute aux Indes, en Amérique, en Australie, en Europe et notamment en Angleterre, dans le district de Dundee. L'introduction de la filature en France date de 1843; elle est due à MM. D. Dickson et J. Carmichaël. MM. Saint frères ont ensuite fondé le premier tissage mécanique (1857). Comme au début, notre industrie du jute reste cantonnée dans la région de Dunkerque et dans la Picardie. Ses progrès sont incessants : nous avons actuellement près de 85,000 broches. La Grande-Bretagne a un outillage encore plus

puissant. On ne compte pas aux Indes moins de 275,000 broches et 13,600 métiers à tisser.

Pendant la période triennale 1898-1900, la valeur annuelle moyenne des importations de jute en France a dépassé 30 millions de francs, celle des exportations de fils 3 millions et celle des exportations de tissus 6 millions.

La statistique des Indes britanniques pour 1900 évalue à 198 millions les sorties de matière première et à 154 millions l'exportation des tissus. Plus de la moitié du jute expédié par les Indes (104 millions) est allée dans le Royaume-Uni, qui en a réexpédié une forte part sous forme de fils (12 millions) ou de tissus (47 millions).

Dans un précédent chapitre, j'ai déjà rappelé, en même temps que les qualités de la *ramie*, les difficultés qui jusqu'ici ont enrayé les emplois de cet excellent textile. Il serait très désirable que ces difficultés pussent enfin être vaincues.

La France a cinq filatures de ramie, l'Allemagne deux et l'Angleterre également deux.

Entre autres produits remarquables obtenus au moyen des fils de ramie, on peut citer le linge, beaucoup plus résistant au lavage que la toile de lin. Certaines grandes entreprises, comme la Compagnie transatlantique, font maintenant usage du linge de ramie, dont la solidité et la durée compensent largement le prix élevé.

L'usage a prévalu de joindre dans les classifications le travail de l'*amiante* à celui du lin, du chanvre ou du jute, bien qu'il s'agisse là d'un minéral, composé de silice, de magnésie et d'alumine. C'est qu'en effet l'amiante se file et se tisse, fournit des étoffes, soit seul, soit en mélange avec d'autres textiles. Les caractéristiques de l'amiante sont l'incombustilité, l'inconductibilité électrique ou calorique, l'imputrescibilité.

On trouve l'amiante en France (Pyrénées, Savoie, Corse), en Sibérie, en Italie, au Canada, au Cap de Bonne-Espérance. Il y a vingt-cinq ans environ, l'Italie était le seul pays vraiment producteur. Aujourd'hui, le Canada est le principal centre d'extraction; dès 1898,

IMPRIMERIE NATIONALE.

il donnait près de 16,000 tonnes. Le contingent de la province de Québec représente 90 p. 100 de la consommation du monde entier.

À la filature du lin et du chanvre se rattache la *corderie*, pour laquelle les fabricants mettent d'ailleurs en œuvre d'autres matières premières. Les textiles habituellement utilisés sont : le chanvre d'Europe (ficelles, cordes et cordages ordinaires) ; le lin (cordelettes fines et cordes de fantaisie) ; le jute (ficelles et cordes de qualité inférieure) ; le chanvre de Manille, le sisal et le *phormium tenax* (ficelles de moissonneuses-lieuses, câbles de mines, câbles de transmission).

Notre importation annuelle de ficelles ou de cordages est inférieure à 400,000 francs, tandis que l'exportation dépasse 5,520,000 francs.

3. Fils et tissus de laine. — On sait que la laine est employée pour la fabrication de deux genres de tissus très différents : les tissus *ras* et les tissus *feutrés* ou draps. Dans les premiers, les fils restent à découvert, bien visibles : ils doivent être souvent très fins, toujours réguliers et homogènes, et ne peuvent arriver à cet état que par des opérations multiples, avec intervention du *peignage*, ce qui leur a fait donner le nom de *fils peignés*. Dans les tissus feutrés, les fils n'atteignent jamais une grande finesse ; ils ne forment, en quelque sorte, que le canevas de l'étoffe, qui se condense et prend corps par le *foulage :* on y emploie ou plutôt on y employait à peu près exclusivement autrefois de la laine *cardée*. Aujourd'hui, la laine peignée est fréquemment utilisée pour la fabrication de certains draps, notamment des draps de fantaisie ; en outre, les mélanges de laine peignée et de laine cardée sont devenus usuels : c'est même ce qui a déterminé les organisateurs des Expositions à réunir, depuis 1889, les deux classes antérieurement distinctes dans les classifications. Néanmoins on peut encore dire que le domaine de la laine cardée comprend surtout les tissus épais et chauds pour vêtements d'homme, et celui de la laine peignée les étoffes légères, destinées en grande partie à la consommation féminine.

Afin de rendre mes explications plus claires, je devrai, du moins jusqu'à une époque récente, examiner successivement la marche de l'industrie pour les tissus foulés et pour les tissus non foulés.

Vers 1803, Douglas et Cockerill importèrent en France les premières machines à carder et filer mécaniquement la laine : de cette époque date une véritable rénovation de l'industrie drapière.

Malheureusement survint, en 1814, une crise due à diverses causes, parmi lesquelles il convient de citer l'énorme importation des draps belges : nos voisins avaient, en effet, employé avant nous les machines anglaises ; ils étaient parvenus ainsi à produire davantage, plus vite et à meilleur marché. Les industriels français n'hésitèrent pas à faire des sacrifices pour s'outiller comme leurs concurrents de Belgique et d'Angleterre ; mais, en même temps, ils sollicitèrent la prohibition des draps étrangers et réclamèrent un droit de sortie sur les laines.

L'Exposition de 1819 prouva que l'industrie nationale avait reconquis le terrain perdu, et la supériorité des draps français y fut officiellement reconnue. Cette supériorité était due, pour une certaine part, au soin apporté dans le triage des laines. Jusqu'alors, on n'avait pas assez remarqué la différence de finesse des toisons d'une même provenance ni celle des parties d'une même toison. Le triage permit d'obtenir des matières exceptionnellement belles et fines pour les tissus du plus haut prix. De grands efforts avaient, d'ailleurs, été faits dans le but de perfectionner les machines et d'en inventer de nouvelles : MM. Ternaux, qui possédaient des manufactures de draps à Sedan, Louviers, Elbeuf et Saint-Ouen, exposaient en 1819 un métier à tisser mécaniquement ; le baron Poupart de Neuflize (manufacturier à Sedan, Louviers et Elbeuf), Sevenne (négociant à Paris) et John Collier (ingénieur-mécanicien), montraient une tondeuse à forces hélicoïdes. Sedan et Louviers, placés à la tête du mouvement industriel, fabriquaient des draps d'une extrême finesse, sans rivaux en Europe ; Elbeuf offrait une grande variété de produits, très remarquables par leur qualité ; les départements de l'Aude, de l'Hérault et du Tarn faisaient des tissus destinés à l'exportation, et le jury signalait en particulier les draperies pour le Levant, venant de Carcassonne, Saint-Pons, Mazamet et Clermont-l'Hérault.

Cependant l'industrie française était au lendemain d'une crise et de ruines imputables à la surproduction qui avait suivi l'introduction des machines. Les chefs d'établissements, assez habiles pour résister aux

entraînements et assez heureux pour franchir ce mauvais pas, jouirent bientôt d'une prospérité exceptionnelle. En 1823, les rapporteurs du jury central estimaient à plus de 150 millions la valeur des draps livrés annuellement au commerce par les fabricants français : à elle seule, la ville d'Elbeuf entrait pour 36 millions dans ce total.

À l'Exposition de 1827 figurèrent des draps de toute sorte : draps forts appelés cuirs laine; draps imperméables; étoffes légères, telles que zéphyrs, amazones, bolivars ou flanelles avec chaîne et trame en fils cardés, entrant en concurrence avec les flanelles croisées à chaîne peignée et trame cardée. Tous les tissus étaient bons. Mais les couleurs et les nuances manquaient parfois de régularité et donnaient lieu à des *barres* ou *barrages*.

Le danger de la surproduction apparaissant de nouveau, on songea à accroître l'exportation et on demanda au Gouvernement de l'encourager. Plusieurs industriels de Sedan, d'Elbeuf et d'Abbeville trouvèrent des débouchés en Chine et dans les deux Amériques; leurs draps étaient quelquefois payés en thé et en indigo.

Après les troubles de juillet 1830, le Gouvernement accorda un subside de 30 millions aux commerçants et industriels les plus éprouvés; la fabrication drapière continua à se développer et à étendre son exportation qui, de 15 millions en 1827, passa à plus de 18 millions en 1832.

L'Exposition de 1834 fut, pour la draperie, l'occasion d'une nouvelle victoire; le nombre des exposants, la qualité et la diversité des produits attestèrent les progrès incessants réalisés par notre industrie. Elbeuf se fit remarquer par ses *nouveautés* et devint le Leeds de la France : au drap uni venait ainsi s'adjoindre le drap façonné. Un fait regrettable commençait à se manifester : par suite des pertes de nos cultivateurs sur les laines fines, l'importation en France des laines étrangères augmentait sensiblement; dès 1840, cette importation représentait la moitié de la consommation, malgré le droit de 22 p. 100 à l'entrée.

Ici se placent deux perfectionnements considérables dans le matériel de la filature : la carde à boudins, fil continu, remplaça la carde à loquettes, et le métier mule-jenny de 100 à 300 broches, mû par un

moteur mécanique, fut substitué au métier à main de 40 à 60 broches, ce qui abaissa de 10 p. 100 environ le prix de la filature.

En 1844, l'Exposition montra que non seulement les trois grands centres de l'industrie drapière, Sedan, Louviers et Elbeuf, mais aussi tous les autres, comme Vire, Vienne, Mazamet, etc., avaient accompli des progrès notables dans les étoffes de goût. Partout également, l'ancien outillage disparaissait devant les machines perfectionnées, qui augmentaient la production et amélioraient la qualité. Les foulons à l'anglaise commençaient à être employés; l'action des anciennes piles était ainsi remplacée par la pression entre deux cylindres, qui donnait un drap plus égal, plus ferme, moins exposé aux tares.

Nos fabricants redoublaient d'efforts pour élargir leurs débouchés à l'étranger et pour réparer la faute de quelques producteurs, qui avaient pris la fâcheuse habitude de n'expédier au loin que des tissus de second choix.

Vers 1845, les étoffes drapées se divisaient en quatre catégories : 1° étoffes foulées et garnies, unies, façonnées et brodées, connues sous le nom de tartans, coatings, vénitiennes, etc.; 2° draps proprement dits; 3° draps croisés, tels que castors, satins, casimirs; 4° étoffes plus ou moins drapées, en armures de fantaisie, pour pantalons d'hiver et d'été. Les nouveautés drapées de la quatrième catégorie s'exportaient à Batavia, à Manille, à Singapour, au Cap, où les articles d'Elbeuf, en particulier, jouissaient d'une réputation incontestée. Elbeuf et Abbeville faisaient aussi un commerce important avec la Chine et y envoyaient des étoffes légères dites *zéphyrs*. D'une enquête officielle organisée à cette époque et portant sur les seuls ateliers de plus de 10 ouvriers, il résultait que la production française en lainages foulés n'était pas inférieure à 300 millions de francs, dont 55 à 60 millions pour Elbeuf, 20 millions pour Sedan, 9 millions pour Louviers.

Elbeuf, réputé pour la fabrication des draps de *couleurs fortes*, se mit à faire en grand les draps noirs fins, dont l'usage se répandait chaque jour, et la fabrique elbeuvienne ne tarda pas à fournir le cinquième de la consommation totale du drap noir en France. Bischwiller, de son côté, continua la fabrication des draps noirs intermédiaires, et sa production s'éleva en 1846 à 6 millions.

Bientôt apparurent les machines à effilocher les chiffons de tissus, afin d'utiliser à nouveau la laine et de créer, par suite, des articles d'un prix très modique.

À la veille de la première Exposition universelle internationale, celle de Londres en 1851, notre industrie drapière tenait dans le monde une situation sans égale; son outillage était perfectionné, ses prix de revient avantageux, et ses étoffes universellement recherchées. Grâce au travail mécanique, elle avait pu, avec un personnel ne dépassant pas celui de 1800, accroître dans une proportion énorme le chiffre de sa fabrication, augmenter les salaires et diminuer le prix des draps; ce dernier résultat était, du reste, facilité par un abaissement du prix des laines.

En 1851, la production française des lainages de toute nature représentait 920 millions de francs, dont 640 pour les étoffes foulées; notre exportation atteignait 110 millions. L'Angleterre produisait 957 millions de tissus foulés ou ras, chiffre peu supérieur au nôtre; elle exportait pour 240 millions. Dans le Zollverein, la production n'allait pas au delà de 400 millions, l'exportation au delà de 50 millions. Les industriels français qui prirent part à l'Exposition de Londres furent peu nombreux, mais soutinrent dignement leur renom; de hautes récompenses affirmèrent les mérites de leurs produits.

L'année 1855 marque peut-être l'apogée de notre industrie drapière. De Montagnac, manufacturier à Sedan, obtint un gros succès pour le drap-velours qu'il venait de créer par le battage de l'étoffe mouillée et qui imitait le velours de soie, tout en gardant la douceur et la souplesse de la laine. Quelques fabricants d'Elbeuf, et en particulier Chenevière, avaient su trouver des tissus nouveaux et variés, par le mélange à la laine de diverses matières, telles que la soie. À ce moment, la laine indigène n'entrait plus que pour un quart dans la consommation; on faisait venir des laines étrangères de Russie, d'Allemagne, d'Australie, d'Espagne et de la Plata; en revanche, les exportations de tissus s'étaient développées et le marché de nos draps s'étendait non seulement en Italie et en Espagne, mais dans le Levant et dans tous les États des deux Amériques.

Peu de temps après, les traités de 1860, seconde application du

libre échange vis-à-vis de l'Angleterre, vinrent jeter une certaine perturbation dans l'industrie française : la fabrication se ralentit et subit des chômages ; l'invasion des tissus anglais causa des pertes irréparables à un grand nombre de petits industriels qui travaillaient encore pour leur compte dans les campagnes. Notre fabrique n'en tint pas moins une belle place à l'Exposition de Londres, en 1862 ; elle s'y distingua spécialement « par le choix des dessins et l'harmonie des couleurs ». Mais cette Exposition permit surtout d'apprécier l'importance de l'industrie drapière en Belgique, et spécialement à Verviers : les étoffes belges, sensiblement inférieures à celles de la France au point de vue de la qualité, avaient l'avantage du bon marché. On vit aussi à Londres les premières machines pour le séchage de la laine.

Après une période de découragement, nos producteurs entreprirent de lutter contre leurs concurrents anglais. Ils spécialisèrent davantage les étoffes pour les différentes parties du costume. Elbeuf fabriqua à la fois des cuirs-laine, des imperméables, des zéphyrs, des draps croisés, des satinés, des édredons, des castors, des ondulés, des ratinés, des frisés, des draps de fantaisie mélangés de soie et de coton, etc.; la gamme s'enrichit de tissus nouveaux, de satinés aux nuances tendres, de casimirs jaspés et chinés, de tartans légers et duveteux pour confections féminines, d'une foule d'articles naguère inconnus. Sedan se signala par ses façonnés, ses draps noirs, ses twines fines et mélangées, ses velours de laine. Louviers entreprit d'imiter les articles anglais. Vire suivit l'exemple de Sedan et fabriqua plus spécialement les bleus unis et les veloutés pour le costume de dame. Vienne exécuta avec des matières communes les mêmes étoffes qu'Elbeuf. Ce qui distinguait tous les tissus de cette époque, c'était l'excellence de la filature, grâce à laquelle on pouvait déjà composer des étoffes d'une netteté remarquable.

L'introduction des laines coloniales, particulièrement des laines de Buenos-Ayres et de Montévidéo, donnait des tissus plus fins et moins coûteux. Toutefois ces laines présentaient un grave inconvénient pour la filature : elles renfermaient des débris végétaux, chardons ou graterons, en quantité beaucoup trop considérable pour qu'il fût possible de les employer sans une épuration préalable ; aussi vit-on figurer à

l'Exposition de 1867 une machine à échardonner. Outre les graterons, les laines coloniales contenaient d'autres débris végétaux que les moyens mécaniques étaient impuissants à faire disparaître et qui exigeaient des opérations coûteuses, l'époutillage et l'épincetage; heureusement fut découvert l'épaillage chimique, fondé sur la propriété qu'ont des acides portés à une certaine température, de détruire les matières végétales sans altérer les matières animales.

Un autre événement capital fut l'emploi de la blousse, déchet provenant des laines soumises au peignage. D'abord utilisée timidement vers 1862, la blousse ne tarda pas à trouver sa place dans la draperie unie, et principalement dans le drap noir, où son mélange avec la laine mère donnait plus de finesse et de moelleux; la blousse blanche pouvant, à l'inverse de la blousse teinte, se filer à des taux élevés, on comprend tout le parti qu'en tirèrent les fabricants pour les draps teints en pièce. Ce fut une économie notable : le prix moyen du kilogramme de blousse variait de 4 à 7 francs, alors que le prix de la laine d'Allemagne servant à la fabrication du drap noir oscillait entre 8 et 14 francs.

D'autres perfectionnements remontent à la même époque : substitution de moyens automatiques, sûrs et rapides, à la main de l'homme, pour le dégraissage de la laine; remplacement de l'ensimage ou graissage à l'arrosoir par l'action du loup graisseur de Célestin Martin; mise au point, par le même constructeur, du métier que Vimont de Vire avait inventé dès 1855 et qui réalisait «la simultanéité des trois fonctions de la filature, étirage, torsion, renvidage»; retordage mécanique au moyen des machines de Ryo-Catteau et de Sykes; construction de cardes nouvelles par la maison Mercier de Louviers; adaptation des métiers à tisser aux besoins divers de la fabrication. Mercier, Lacroix de Rouen, Stehelin de Bischwiller, avaient établi des métiers mécaniques à draps et à satins, extrêmement pratiques pour la draperie unie; mais ces métiers n'étaient pas appliqués au tissage des nouveautés, le travail inconscient de la machine n'ayant pu jusque-là remplacer pour ces tissus l'intelligence et la sagacité de l'ouvrier.

Malgré tous ces efforts, la fabrique française luttait difficilement

contre les conséquences des traités de 1860. C'est ainsi que le chiffre d'affaires d'Elbeuf et de ses annexes, qui, dans la période comprise entre 1853 et 1858, avait progressé de 55 à 85 millions, se retrouvait à 85 millions en 1866 et tombait à 80 millions en 1867. Les rapporteurs du jury de 1867, quoique rendant un juste hommage à la qualité de nos produits, insistaient sur la concurrence redoutable de l'Angleterre et de la Belgique, sur les moyens mis en œuvre par ces deux pays pour envahir le marché français, sur les conditions difficiles dans lesquelles se trouvaient nos manufactures, notamment en raison de la cherté du combustible, sur l'énergie qu'il nous fallait déployer, sur la nécessité de nouvelles améliorations dans l'outillage, sur l'opportunité de recourir davantage au tissage mécanique.

Le bon marché des laines imprima cependant une certaine activité à notre fabrication; diverses villes travaillant la laine cardée, Sedan, Louviers, Bischwiller, Vire, Mazamet, prirent d'ailleurs le parti de diminuer leurs qualités pour imiter les draps anglais et belges.

Une fois encore, les transactions commerciales furent arrêtées par les événements de 1870. À Elbeuf, l'entrée des laines brutes, qui avait atteint près de 20,000 tonnes en 1869, descendit à 11,460 tonnes en 1870 et à 11,120 tonnes en 1871; la production tomba de 90 millions de francs en 1869 à 51 millions en 1870. Tout concourait du reste à aggraver la crise: interruption du service des transports, pénurie du charbon dont le prix s'éleva jusqu'à 70 francs la tonne, hausse rapide et inattendue de la laine.

Il y eut bien une reprise à la signature de la paix; mais l'essor fut vite enrayé par l'insurrection de la Commune et par l'annonce des droits que le Gouvernement se proposait d'instituer sur l'entrée des matières premières.

Les débouchés offerts à notre exportation tendaient à se fermer : l'Amérique du Nord élevait ses droits de douane à 80 p. 100; l'Espagne se protégeait par une taxe de 30 p. 100, la Russie par un droit de 40 p. 100; des révolutions intestines troublaient l'Amérique du Sud. D'autre part, l'Angleterre, qui voyait également diminuer son commerce avec ces pays, déversait sur notre marché le trop-plein de sa production. Les importations de tissus étrangers, évaluées à 20 mil-

lions en 1861 et à 42 millions en 1867, montaient à 79 millions en 1876.

L'Exposition de 1878 ne révéla aucune de ces découvertes importantes qui modifient les conditions d'existence d'une industrie. Pourtant, l'outillage continuait à se perfectionner et les anciens procédés disparaissaient de plus en plus.

Parmi les nations étrangères, l'Angleterre affirmait sa suprématie, grâce aux facilités d'approvisionnement qu'offraient ses marchés de laines coloniales à Londres et à Liverpool[1], grâce aussi au bon marché de la houille, à l'immense développement de la construction des machines, à l'abondance des capitaux, aux débouchés que la métropole trouvait dans ses colonies. Comme la Grande-Bretagne, la Belgique était dans une excellente situation, qu'elle devait à son magnifique port d'Anvers, à ses puissantes mines de houille, à ses nombreuses voies de communication, à sa population active et intelligente. L'Autriche comptait au nombre des grands pays producteurs. Quoiqu'elle eût notablement progressé, la Russie devait encore accroître et améliorer sa fabrication.

La caractéristique de l'Exposition consistait dans l'uniformité relative des produits du monde entier. Suivant l'habileté ou la force productive de chaque nation, les tissus étaient un peu plus ou un peu moins bien fabriqués, un peu plus ou un peu moins chers; mais le cachet spécial ne s'accusait plus comme autrefois.

En France, à côté d'une admirable collection de nouveautés, Elbeuf présentait des draps unis, dont la finesse et les apprêts ne laissaient rien à désirer. Sedan et Louviers conservaient la réputation de leur draperie unie et de leurs fantaisies. Vienne et Mazamet témoignaient d'efforts persévérants et montraient des draps communs rivalisant avec les produits similaires anglais. La production nationale en tissus de laine cardée était estimée à 250 millions; l'exportation, qui, en 1875, approchait de 75 millions, avait fléchi depuis 1876 et ne dépassait pas 58 millions en 1878; quant à l'importation, elle était passée de 10 millions en 1874 à 19 millions en 1876 et 17 millions en 1878:

[1] Ces deux places recevaient annuellement 150 millions de kilogrammes de laines coloniales.

ainsi l'invasion des tissus étrangers, et surtout des nouveautés anglaises, devenait plus menaçante, en même temps que notre exportation diminuait.

Avant de poursuivre cet historique, jetons un coup d'œil sur l'évolution de l'industrie des laines non foulées depuis le commencement du siècle.

On signale à Reims l'année 1804 comme le point de départ de la production du mérinos. La première pièce fut tissée à l'établissement dit *le Mont Dieu* avec une trame en fil lisse tordu, employé ordinairement à la chaîne, et devait servir à faire des châles. Cette étoffe, dont la chaîne et la trame étaient peignées, constituait un article nouveau pour l'armure croisée. Elle fit l'objet du brevet pris le 4 décembre 1804 par Jobert-Lucas et Cie de la maison Ternaux.

L'initiative des premiers essais sérieux de peignage mécanique appartient à la France. Vers 1819, débutèrent les applications effectives des machines à peigner; en même temps commença l'essor de l'industrie des châles français. Cependant les tentatives de peignage mécanique demeuraient encore sans succès signalé, quand Laurent eut l'idée de se servir du peigne cylindrique ou manchon circulaire armé d'aiguilles, pour faciliter et régulariser les étirages. Cet engin fut perfectionné par différents industriels.

Pendant la période de tâtonnements du peignage, la filature mécanique frayait sa voie, mais très péniblement, à partir de 1812. Bazancourt prit la tête du mouvement; Le Cateau, Rethel, Reims, puis Paris, Roubaix et Amiens suivirent.

À l'Exposition de 1823 figuraient de très beaux échantillons de laine peignée et filée mécaniquement, que le jury récompensa par des médailles d'or. On y voyait également d'excellentes étoffes rases et des châles cachemires fort remarquables.

En 1826, apparut une peigneuse originale, inventée par Godard, d'Amiens, et construite par Collier. À la même époque naissait la filature de Fourmies, embryon d'un des grands centres industriels de la France.

Les fils et les tissus de laine peignée continuèrent à faire bonne

figure aux Expositions de 1827, 1834, 1839 et 1844. On constatait, lors de cette dernière Exposition, des progrès notables non seulement dans la fabrication mécanique, mais encore dans la confection même des articles de goût et de luxe, et spécialement des cachemires, dont la valeur, pour un châle de même surface (1 m. q. 60), variait de 8 francs à 800 francs et davantage.

Il était réservé à une nouvelle machine, la peigneuse Heilmann, de provoquer une véritable révolution. Cette peigneuse, qui divisait la mèche, agissait en quelque sorte sur les fibres isolées et, sans l'intervention de la chaleur, les réunissait ensuite pour en former un ruban continu. Elle tarda néanmoins à être utilisée.

La France occupa une place des plus importantes à l'Exposition de 1851. Nous étions alors les maîtres incontestés pour la filature et le tissage de la laine cardée; quant au peigné, notre outillage de création récente semblait devoir être le point de départ d'une rénovation industrielle, et nos tissus ras, façonnés ou à armures, étaient sans rivaux. J'ai déjà dit, à propos des tissus foulés, quelle était alors l'importance de notre production et de notre exportation; je me borne à ajouter que la France comptait plus de 850,000 broches de filature pour laine peignée, occupant 51,000 personnes, dont le salaire dépassait 26 millions de francs.

En Angleterre, l'histoire de la ville de Bradford était presque celle de la laine peignée dans ce pays. Au commencement du siècle, Bradford avait une population de 13,000 âmes; le nombre des habitants s'accrut dès l'introduction des métiers à filer; lors de l'Exposition de Londres, il dépassait 100,000. Les Anglais se montraient tout à fait supérieurs dans la filature de la laine peignée; ils fabriquaient d'incomparables tissus de laine longue; leurs tissus mérinos mélangés de coton revenaient à un prix incroyable de bon marché.

L'industrie de la laine peignée en Allemagne n'était due qu'à l'application de nos procédés. Tous les produits exposés par le Zollverein, en laine peignée, mélangée ou non de soie et de coton, imitaient ceux de la France, mais en qualité inférieure.

Des aptitudes franchement anglaises se manifestaient en Autriche, où la filature de la laine peignée avait pris naissance vers 1831. Un

mouvement très remarquable s'y dessinait par suite de la création d'immenses usines réunissant la filature, le tissage, l'impression et les apprêts.

Dans la section russe avaient pris place des tissus de laine pure ou mélangée de soie et de coton, imités des tissus français. Il n'existait pas encore de peignage mécanique en Russie, sauf dans les établissements qui filaient pour leur propre tissage. À l'origine, le système adopté fut le peignage à la carde, dont le produit était dénommé peigné-cardé.

La Belgique avait une exposition médiocre en tissus de laine peignée. Il en était de même de l'Espagne, des États-Unis et des Pays-Bas.

Ce que nous avions, en définitive, le plus à redouter, c'était le bas prix des tissus anglais, dû à l'application presque universelle de la mécanique dans le tissage, à la combinaison économique des étoffes que l'Angleterre créait ou copiait, au bon marché des capitaux et surtout du combustible. L'Allemagne tendait à arriver au même résultat. Notre savant rapporteur conseillait aux industriels français d'employer davantage leur goût à la fabrication des étoffes consommées par les masses, de développer l'usage du métier mécanique, de créer des comptoirs directs sur les principaux marchés.

L'Exposition suivante, celle de 1855, permit de constater que ces conseils avaient été écoutés. Suivant les appréciations du jury, la peigneuse Heilmann constituait l'instrument le plus précieux qui eût été découvert depuis quarante ans dans la filature. Les assortiments si complets de tissus présentés par MM. Schlumberger furent, de l'aveu même des Anglais, jugés supérieurs à tous les autres.

À l'Exposition de Londres, de 1862, nos étoffes rases surent, comme la belle draperie, garder leur prépondérance. Dans la fabrication des châles, le problème du spoulinage mécanique, pendant longtemps réputé insoluble, était sur la voie de solutions industrielles qui tendaient à faire disparaître l'infériorité des châles français vis-à-vis de ceux de l'Inde, ou plutôt à assurer leur suprématie. L'Alsace se faisait remarquer par ses filatures de laines peignées. En dix ans, de 1851 à 1861, Roubaix avait élevé le nombre de ses broches de 145,000 à 200,000, Tourcoing de 81,000 à 189,000, Amiens de 43,000 à 55,000. Pour les principales nations européennes, le mouvement avait

été parallèle à celui de la France. En Angleterre, on constatait, pendant la dernière période décennale, une augmentation de 60 p. 100 sur le matériel de la laine peignée et des tissus ras; le goût des Anglais s'était d'ailleurs épuré, et ils cherchaient à lutter même sur ce terrain avec la France.

L'Exposition de 1867 mit encore davantage en lumière le développement de l'industrie du peigné. MM. Holden, dont les établissements de Reims et de Croix fournissaient, en 1866, 4,500,000 kilogrammes de laine peignée, exposèrent des produits de premier ordre; les laines longues, les alpagas, les poils de chèvre peignés à Roubaix pouvaient, sauf quelques défectuosités de triage, rivaliser avec les plus beaux spécimens de Bradford; les laines moyennes et communes de toutes provenances étaient satisfaisantes. De 1861 à 1867, la France avait vu la valeur de ses exportations de laine peignée, presque exclusivement en destination de l'Allemagne, passer de 650,000 francs à 7 millions et demi, tandis que l'importation d'Angleterre se réduisait à 225,000 francs. Deux centres industriels contribuaient particulièrement à ce succès : Reims, qui possédait 536 peigneuses pouvant fournir 19,000 kilogrammes par jour, et Roubaix, qui en avait 356, donnant une production journalière de 40,000 kilogrammes.

Plus de 60 filateurs et beaucoup de tisseurs exposèrent en 1867 des fils de laine peignée, fils simples en laine mérinos, fils retors pure laine, fils pour tapisserie et bonneterie, fils simples et retors en laine longue, etc. L'Angleterre avait une prééminence marquée dans les trames simples en laine longue, les retors et les fils d'alpaga; Bradford surpassait Roubaix, malgré le parti que cette place avait su tirer des laines d'Afrique, de Perse et des Indes. Mais, après l'Angleterre, la France occupait le premier rang, et, pour la filature de la laine peignée mérinos, elle servait de modèle à toutes les autres nations. Si aucune machine nouvelle de filature ne pouvait être signalée, du moins l'usage du métier self-acting devenait chaque jour plus général; en outre, la supériorité du matériel français pour les laines mérinos s'accentuait nettement.

La fabrique anglaise consommait, en 1866, 132,000 tonnes de laine, soit 21 p. 100 de plus qu'en 1861; son exportation de fils de

laine (fils de laine peignée pour la plupart) atteignait 118 millions de francs, en augmentation de 33 p. 100 sur le chiffre de 1861. Notre filature n'était pas restée en arrière; de 1862 à 1866, le nombre de broches pour laine peignée avait reçu un accroissement notable; il s'élevait à 1,750,000, au lieu de 1,300,000; le département du Nord figurait dans le total pour 900,000 broches. Quant à notre exportation de fils, elle avait fait un bond de 6 millions et demi à 23 millions. D'après les chiffres statistiques consignés dans le rapport du jury, les pays du Zollverein ne comptaient que 320,000 broches, dont très peu pour les laines longues; l'Autriche, 50,000; les États-Unis, 100,000: l'industrie de l'Amérique du Nord, qui ne remontait guère au delà de 1860, trouvait une protection efficace dans des droits presque prohibitifs, de 65 et même 75 p. 100, selon la nature des produits importés.

En France, les principaux centres de production des tissus en peigné étaient Reims, Roubaix, Saint-Quentin, Amiens, Le Cateau, Guise, Sainte-Marie-aux-Mines, Mulhouse, Rouen et Paris. Depuis 1861, Roubaix ne cessait de grandir; en dix ans, sa production et sa population avaient décuplé; ses fabricants, pleins d'initiative, n'hésitaient pas à risquer de gros capitaux pour perfectionner leur outillage et lutter contre leurs rivaux de Bradford; ils avaient, en 1867, plus de 10,000 métiers mécaniques. Reims avait porté, dans la période de 1862 à 1866, le nombre de ses métiers mécaniques de 2,500 à 6,900; il y restait encore 15,000 métiers à main, occupant 40,000 personnes; sa production était passée de 75 millions à 105 millions. L'exportation de nos tissus de peigné (laine pure) s'élevait à 55 millions et demi en 1866, au lieu de 30 millions et demi en 1861.

Toutefois, à la veille de l'Exposition de 1867, le marché français se trouvait quelque peu encombré. Poussés par la concurrence, nos fabricants avaient exagéré leur production et le danger apparaissait d'autant plus sérieux que les pays d'exportation commençaient à se protéger par des droits excessifs. En même temps, à la faveur des traités de commerce, l'Angleterre portait son importation sur nos places de 12 millions en 1861 à 27 millions en 1866. Il est juste d'ajouter que la France lui donnait la riposte et déversait au delà de la Manche 37 millions et demi de tissus au lieu de 11 millions.

Dans l'ensemble, le jury apprécia les étoffes exposées par le Royaume-Uni comme « la dernière expression de la belle fabrication mécanique », et celles de la France comme supérieures en qualité et en bon goût. La Prusse et l'Autriche offraient de belles copies des tissus anglais et français; la Belgique, en pleine renaissance industrielle, montrait que Bradford et Roubaix auraient désormais en elle un concurrent redoutable; la Russie apparaissait aussi en progrès, grâce à ses grandes usines de Moscou, et cherchait à refouler les produits étrangers par ses droits de douane.

Les événements de 1870-1871 n'exercèrent pas sur l'industrie de la laine peignée une influence aussi désastreuse qu'on eût été fondé à le croire. Après la crise, la spécialité se développa dans le Nord, la Marne, la Somme, les Ardennes et l'Aisne. Des progrès nouveaux furent réalisés dans la filature, notamment par la substitution plus complète du métier self-acting au métier mule-jenny, ainsi que dans le tissage, par la généralisation des machines : ces progrès étaient d'ailleurs solidaires, car il fallait de meilleurs fils pour pouvoir remplacer le travail manuel du tisseur par le travail automatique.

Nous arrivons ainsi à l'Exposition de 1878. Vers cette époque, le nombre des broches pour laine peignée était en France de 2,270,000, dont 1,350,000 dans le département du Nord; nous avions cependant perdu l'Alsace, cette région aussi industrieuse que française, qui, en 1867, ne comptait pas moins de 100,000 broches. La production nationale en fils pouvait être évaluée à 34 millions de kilogrammes, sur lesquels 4,675,000 kilogrammes allaient à l'étranger. Au total, l'industrie de la laine peignée devait représenter environ 560 millions.

Les filateurs cherchaient à ajouter le peignage à leur filature, et la façon correspondant à cette opération baissait de 25 p. 100; partout, la mule-jenny, avec son renvidage à bras, avait fait place au self-acting de 500, 600 et même 1,000 broches : cette substitution diminuait de moitié le prix de la main-d'œuvre, bien que, depuis 1861, le salaire des fileurs et des rattacheurs eût augmenté de 40 p. 100. Dans le tissage, de grands progrès avaient été également réalisés : tandis que le tisserand à la main lançait seulement 3,500 duites en douze heures et recevait un salaire de 1 fr. 75 à 2 francs par jour, le

tisseur mécanique, menant deux métiers, lançait 140,000 duites et recevait un salaire moyen de 4 francs à 4 fr. 25. Le tissu présentait d'ailleurs une régularité beaucoup plus grande.

Pour le mérinos, le cachemire, les étoffes de laine peignée longue et commune, nos grandes cités industrielles, Reims, Roubaix, Tourcoing, Fourmies, obtinrent des succès considérables, et, dans son rapport, M. Koechlin-Schwartz n'hésitait pas à placer la France au premier rang. Il en était de même des tissus de haute nouveauté fabriqués à Paris et en Picardie. Le rapporteur signalait aussi la bonne qualité de nos draps en laine peignée.

On constatait un rapprochement des deux industries de la laine peignée et de la laine cardée, qui se réunissaient dans des établissements de Reims, Roubaix, Tourcoing, Elbeuf. Ce rapprochement se manifestait également en Angleterre, en Autriche, en Russie, en Italie, en Belgique; depuis 1878, il n'a fait que s'accentuer, diminuant ainsi la spécialisation des centres industriels.

Le rapporteur de la classe unique où se trouvaient confondues la laine cardée et la laine peignée, à l'Exposition de 1889, put déclarer avec un légitime orgueil que la France était à la tête de tous les pays du monde dans lesquels se transformait la laine. Cette appréciation, basée sur les statistiques de 1887, se confirmait par les statistiques de 1889.

On évaluait, en effet, à 918 millions de kilogrammes la quantité de laine mise à la disposition de l'industrie européenne et américaine, pendant l'année 1889, et la seule consommation française avait atteint 221 millions de kilogrammes, représentant une valeur de 400 millions de francs. Le contingent de l'Angleterre ne dépassait pas 213 millions de kilogrammes, y compris les poils de chèvre et d'alpaga, qui figuraient dans ce chiffre pour une assez forte part et qui, au contraire, n'entraient pas dans le total relatif à la France.

Sur les 221 millions de kilogrammes mis à la disposition de l'industrie française, 50 millions seulement avaient été fournis par notre agriculture; le surplus provenait de l'Afrique du Sud, de l'Australie, de la Plata et de l'Uruguay. Nos laines indigènes étaient d'ailleurs gé-

IMPRIMERIE NATIONALE.

néralement communes : par la nature même des choses, les cultivateurs français ne pouvaient se livrer à l'élevage en grand des moutons, ni se préoccuper des qualités de la laine, nécessairement sacrifiée à la viande.

La France faisait des efforts vigoureux pour soustraire ses approvisionnements au monopole des marchés étrangers d'Angleterre et de Belgique. Plusieurs négociants de Roubaix, de Tourcoing et de Reims avaient envoyé des acheteurs et créé des succursales dans les pays de production, en Australie et à la Plata; ils effectuaient des importations directes, soit pour leur compte, soit pour celui des filateurs. D'autre part, des commerçants de Mazamet, établis à la Plata, importaient des cuirs et des laines de peaux, rendant ainsi la prospérité à une ville dont le tissage périclitait. Londres n'en restait pas moins de beaucoup le premier marché de laine du monde : en 1889, il y avait été offert, aux ventes publiques, près de 1,300,000 balles de laines d'Australie et du Cap. Bien loin en arrière venaient Liverpool (214,000 balles), Anvers (67,000), Marseille, le Havre et Bordeaux.

Grâce à l'industrie du peignage, très développée dans le Nord et à Reims, la France était devenue le plus grand marché de laine peignée du monde; elle en avait produit, au cours de l'année 1889, 65 millions de kilogrammes et vendu à l'étranger 11 millions de kilogrammes, valant 60 millions de francs. Cette situation assurait constamment à nos manufacturiers un choix varié de matières premières, leur permettait de satisfaire à toutes les demandes et de suivre toutes les indications de la mode, constituait pour eux un précieux élément de supériorité.

Douze millions de kilogrammes de laine étaient entrés à la filature du cardé. Il fallait y ajouter un poids à peu près égal de renaissance, c'est-à-dire de laine effilochée, ainsi qu'un poids important de filés de coton.

Notre exportation de fils en 1889 s'élevait à 56 millions de francs et notre importation à 20 millions seulement (fils de laine, 13 millions; fils de poil de chèvre, 7 millions). La valeur des tissus de laine sortis de nos usines était estimée à 787 millions de francs et celle des tissus exportés à 364 millions, alors que les entrées ne dépassaient pas 68 millions de francs. En ajoutant à la valeur des tissus celle des peignés, des fils, des blousses et des déchets exportés, on arrivait à un

total de 925 millions de francs, sur lesquels le commerce extérieur absorbait environ 400 millions de francs. La laine et les lainages formaient le huitième de notre commerce extérieur spécial; les fils et les tissus de laine donnaient le cinquième de ce commerce pour les objets manufacturés.

D'après la statistique générale de la France (1887), l'industrie lainière nationale comptait 3,152,000 broches, 44,700 métiers mécaniques de tissage et 25,400 métiers à bras. Les seuls chiffres connus alors, en ce qui concernait les autres pays, étaient les suivants : Espagne, 1 million de broches, 4,500 métiers mécaniques à tisser et 5,200 métiers à la main; Autriche-Hongrie, 692,000 broches, 28,500 métiers mécaniques et 18,000 métiers à la main pour tissage; États-Unis, 650 peigneuses, 400,000 broches, 3,500 métiers mécaniques et 4,700 métiers à la main pour draperie, 55,000 autres métiers à tisser de toute nature; Russie, 180,000 broches.

Parmi les faits caractéristiques dé l'époque, il y a lieu de mentionner d'abord la substitution de la laine peignée à la laine cardée ou son mélange en forte proportion dans les tissus de draperie d'hommes, et spécialement dans les articles de fantaisie pour pantalons ou costumes complets. Cet emploi de la laine peignée, dont le début datait de 1878, permettait d'obtenir des étoffes plus fines, plus réduites et d'apparence plus riche, surtout par les effets de soie fine, d'organsins, etc., retordus avec la laine : Roubaix, Tourcoing, Elbeuf et Verviers y excellaient.

De véritables tours de force, au point de vue du bon marché, avaient été réalisés par les fabricants de lainages pour robes ou pour vêtements de femmes; malgré la haute nouveauté qui les distinguait, le prix des tissus de Reims, Fourmies, Roubaix et même Paris, s'était notablement abaissé, sans que leur qualité en fût amoindrie; cet abaissement tenait non seulement à la réduction du prix de la matière première, mais encore au développement de nos usines et à l'économie opérée dans les moyens de production.

Le tricot fin en laine peignée s'imposait sous toutes les formes; il servait dans le vêtement et remplaçait la flanelle; les nombreux échantillons exposés en 1889 étaient remarquables par leur finesse, ainsi que par la diversité des mélanges et des coloris.

Partout, en Europe et dans l'Amérique du Nord, on voyait se vulgariser le métier mécanique. Cette vulgarisation contribuait puissamment au nivellement des prix, qui dépendaient beaucoup moins des salaires, et à l'uniformisation des produits, qui n'exigeaient plus les mêmes aptitudes spéciales de la part des ouvriers.

Une innovation remarquable était l'emploi généralisé des déchets de la filature et de la fabrication. Il n'y avait plus rien qui ne fût réemployé, grâce aux procédés de carbonisation et d'effilochage. On faisait ainsi des tissus pure laine, de qualité relativement bonne et d'un prix extrêmement bas.

En France, Roubaix, Tourcoing, Fourmies, Reims, Elbeuf paraissaient être les centres ayant accompli le plus de progrès pour la perfection et le bon marché des étoffes nouvelles; la fabrication de Paris-Picardie restait l'une des plus belles et des plus riches; Vienne avait accompli de vrais prodiges pour les draps à bas prix et l'imitation de la nouveauté chère.

Ainsi que je l'indiquais dans un précédent chapitre, la quantité de laine mise à la disposition de l'industrie du monde, pendant les trois années 1898, 1899 et 1900, a atteint en moyenne 987,800,000 kilogrammes (1,024,200,000 kilogrammes en 1898, 1,021,800,000 en 1899, 917,300,000 en 1900). Les chiffres relatifs aux années 1899 et 1900 se sont répartis comme il suit entre les régions productrices ou exportatrices (en millions de kilogrammes) :

		1899.	1900.
Production.	France	43.0	43.0
	Grande-Bretagne	63.4	63.9
	Continent d'Europe (France exceptée)	160.8	160.8
	Amérique du Nord	129.1	136.4
Exportation.	Australie	268.6	232.8
	Cap	39.9	20.8
	Plata et Uruguay	235.5	180.3
	Autres pays hors d'Europe	81.5	79.3
	Totaux	1,021.8	917.3

Le partage de la laine disponible entre les grandes régions manufacturières a été le suivant en 1898, 1899 et 1900 :

ANNÉES.	GRANDE-BRETAGNE.	CONTINENT D'EUROPE.	AMÉRIQUE DU NORD.	TOTAUX.
	Millions de kilogrammes.			
1898	254,5	598,0	171,7	1,024,2
1899	234,5	615,6	171,7	1,021,8
1900	227,4	489,7	200,2	917,3

M. Marteau, rapporteur du jury des fils et tissus de laine à l'Exposition de 1900, donne les évaluations que voici pour le nombre des broches et des métiers mécaniques dans les principaux pays industriels :

	BROCHES.	MÉTIERS À TISSER.
Grande-Bretagne	5,550,000	129,000
Allemagne	4,170,000	44,000
États-Unis	3,000,000	70,000
France	3,000,000	45,000
Autriche-Hongrie	1,500,000	27,000
Russie	700,000	45,000
Belgique	625,000	6,000
Italie	350,000	5,500
Suisse	130,000	1,700
Espagne et Portugal, chacun	100,000	2,500

D'après les documents publiés par le Ministère du commerce et de l'industrie, la situation des divers États au point de vue de leur commerce extérieur se chiffrait ainsi en 1900 :

PAYS.		IMPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.			EXPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.		
		LAINE.	FILS.	TISSUS.	LAINE.	FILS.	TISSUS.
Europe	Allemagne	323.1	136.6	19.3	27.1	70.2	205.5
	Autriche-Hongrie	92.7	41.2	27.6	23.7	"	43.1
	Belgique	83.9	4.7	21.1	43.8	32.5	13.9
	Danemark	4.3	"	23.4	1.9	"	0.3
	Espagne	14.2	"	11.5	8.1	"	1.7

PAYS.		IMPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS. LAINE.	FILS.	TISSUS.	EXPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS. LAINE.	FILS.	TISSUS.
Europe… (*Suite.*)	France	447.9	7.8	42.0	201.7	34.6	227.2
	Grèce	//	//	3.1	//	//	//
	Italie	42.8	3.1	19.2	5.6	//	//
	Norvège	3.4	5	14.9	//	//	//
	Pays-Bas	27.7	11.5	22.3	22.5	4.7	22.5
	Portugal	8.6	//	6.3	0.8	//	//
	Royaume-Uni	557.7	51.6	231.8	?	113.3	395.5
	Russie	28.3		14.5	11.7	//	//
	Suède	5.5			//	//	//
	Suisse	15.4	5.5	34.9	3.2	8.2	6.1
Afrique…	Cap	//	//	7.9	21.1	//	//
	Égypte	//	//	?	1.1	//	//
Amérique.	République Argentine	//	//	//	140	//	//
	Canada	(1) 59.0			//	//	//
	États-Unis	158.8			//	//	//
	Mexique	//	10.2		//	//	//
	Uruguay	//	//	1.2	40.1	//	//
Asie…	Chine	//	12.8		//	//	4.8
	Indes anglaises	//	//	43.2	44.2	//	7.2
	Indes néerlandaises	//	//	2.4	//	//	//
	Japon	9.9	4.6	45.0	//	//	//
Australie.	Australie méridionale	8.3	//	//	33.1	//	//
	Nouvelle-Galles du Sud	17.5	//	17.2	210.4	//	//
	Victoria	48.6	//	19.5	106.4	//	1.2

(1) Laine et tissus.

Le prix moyen du kilogramme de laine de Champagne lavée à fond était de 4 fr. 60 environ vers la fin du siècle. Ce prix subit d'ailleurs d'énormes variations : on l'a vu à 5 francs en 1793, à 16 francs en 1809, à 5 fr. 10 en 1848, à 10 fr. 10 en 1866, à 3 francs en 1895. Dans l'ensemble, la Commission permanente des valeurs de douane a admis, pour les laines en masse importées ou exportées pendant l'année 1900, les prix de 2 fr. 25 à l'entrée et de 2 fr. 96 à la sortie.

Nos importations et nos exportations de laines en masse, poils de chèvre, etc., déduction faite des laines de peaux, ont été respectivement de 160,503,000 kilogrammes et de 29,100,000 kilogrammes, pendant l'année 1900. L'excédent des entrées n'a donc pas dépassé 131,403,000 kilogrammes, chiffre très inférieur à celui des années précédentes (179,543,000 en 1898 et 183,459,000 en 1899).

La part de la France dans l'approvisionnement général de la laine en 1900 se chiffre ainsi :

Tonte française	43,000,000 kilogr.
Laines d'importation restées en France	131,403,000
Laines de peaux importées	22,099,000
Laines de moutons importés vivants	1,367,000
TOTAL	197,869,000

Cette part reste bien au-dessous de sa valeur en 1898 (254,923,000 kilogrammes) et en 1899 (258,433,000 kilogrammes). Pour la période triennale 1898-1900, la moyenne annuelle serait de 237,075,000 kilogrammes; celle de la période 1895-1897 avait été de 245 millions de kilogrammes. Les inégalités apparentes se trouvent corrigées dans une certaine mesure par les stocks.

La quantité de laine nouvelle lavée à fond, restée en France à la disposition des filatures, peut être évaluée à 68,192,000 kilogrammes pour 1898, 60,691,000 kilogrammes pour 1899, 51,316,000 kilogrammes pour 1900, et, en moyenne, à 60 millions de kilogrammes pour la période 1898-1900. Il faut y ajouter 15 millions de kilogrammes de laine d'effilochage et de coton mélangé à la laine. Nous avons importé 2,144,000 kilogrammes et exporté 6,134,000 kilogrammes de fils en 1900, au lieu de 2,418,000 et 5,957,000 kilogrammes en 1899.

Quant au tissage français, il a disposé de 80 millions et demi de kilogrammes de fils en 1898, de 72 millions en 1899 et de 62 millions en 1900. Les entrées et les sorties de tissus ont été de 4,528,000 et 18,778,000 kilogrammes en 1900, au lieu de 4,173,000 et

21,533,000 kilogrammes en 1899. Classés par nature d'articles, les principaux mouvements de 1900 sont les suivants :

	IMPORTATION. — francs.	EXPORTATION. — francs.
Draps, casimirs et autres tissus croisés, foulés et drapés	23,325,000	93,201,000
Étoffes de pure laine pour ameublement	—	3,392,000
Étoffes de pure laine pour habillement	5,481,000	84,600,000
Tapis en laine pure ou mélangée	2,508,000	2,774,000
Bonneterie en laine pure ou mélangée	1,482,000	3,900,000
Passementerie et rubanerie	1,893,000	4,921,000
Couvertures	—	3,903,000
Étoffes mélangées	5,638,000	28,016,000
Tissus d'alpaga, de poils	5,060,000	2,620,000

Le tableau ci-après donne en millions de francs la valeur des échanges de matière première et de tissus entre la France et les autres pays, pour les années 1898, 1899 et 1900 :

PAYS.		IMPORTATIONS.			EXPORTATIONS.		
		1898.	1899.	1900.	1898.	1899.	1900.
		LAINES.					
Europe	Allemagne	5.6	9.5	7.9	18.6	60.3	46.6
	Belgique	17.8	21.6	15.3	121.0	135.1	85.8
	Espagne	20.6	17.6	12.5	4.2	7.7	6.5
	Italie	"	"	"	6.8	8.1	9.4
	Royaume-Uni	55.6	61.9	40.8	22.9	37.8	32.3
	Russie	3.6	4.5	4.8	3.7	5.0	4.3
	Turquie	6.1	6.4	9.1	"	"	"
	Suisse	"	0.7	0.9	5.3	9.2	6.9
Afrique	Algérie	7.9	10.6	11.5	"	"	"
Amérique	République Argentine	177.8	233.6	231.0	"	"	"
	Uruguay	15.4	17.6	9.6	"	"	"
Australie		81.1	91.7	87.1	"	"	"
		TISSUS DE LAINE.					
Europe	Allemagne	10.4	11.2	9.7	6.7	9.5	7.6
	Belgique	1.3	1.1	1.1	32.8	34.1	30.3
	Espagne	"	"	"	2.7	7.6	6.7
	Italie	"	"	"	5.1	5.5	5.0
	Pays-Bas	"	"	"	3.2	4.8	4.1

PAYS.		IMPORTATIONS. 1898.	IMPORTATIONS. 1899.	IMPORTATIONS. 1900.	EXPORTATIONS. 1898.	EXPORTATIONS. 1899.	EXPORTATIONS. 1900.
TISSUS DE LAINE. (Suite.)							
Europe... (Suite.)	Royaume-Uni	27.7	29.8	33.7	98.0	130.2	104.1
	Suisse	"	"	0.4	4.8	5.0	4.9
	Turquie	"	"	"	6.4	5.1	5.5
Afrique	Algérie	"	"	"	6.5	6.5	7.7
Asie	Japon	"	"	"	8.7	4.2	3.7
Amérique.	République Argentine	"	"	"	4.8	4.3	3.4
	Brésil	"	"	"	6.4	6.0	2.5
	États-Unis	"	"	"	12.0	14.4	18.3
	Mexique	"	"	"	5.1	5.8	4.8

On a estimé à 833,100,000 francs la valeur des produits de notre industrie lainière en 1900, savoir: peignés exportés, 77,500,000 francs; fils exportés, 38,000,000 francs; tissus, 678,000,000; blousses et déchets, 39,600,000 francs.

Une des caractéristiques de la fin du XIXe siècle est la tendance au nivellement dans les procédés de fabrication et dans la qualité des produits chez les grands peuples. Protégés par leurs tarifs de douane, les pays nouveaux venus à l'industrie ont créé des manufactures pourvues de l'outillage le plus moderne, recruté au dehors un personnel assez habile pour les initier aux meilleures méthodes et imprimé ainsi à leur production un vif essor. Les nations précédemment entrées dans la carrière devaient nécessairement en souffrir et voir se restreindre peu à peu leur marché extérieur; elles allaient être d'autant plus menacées que le poids mort d'un matériel moins nouveau et moins perfectionné pesait lourdement sur leur fabrication. De là l'état de stagnation où languissent à des degrés divers les industries lainières de la France, de l'Angleterre, de l'Allemagne. Les esprits clairvoyants prévoyaient le mal depuis longtemps, et le caractère en apparence satisfaisant des statistiques du commerce extérieur ne leur laissait guère d'illusions, car ils savaient que les exportations, entretenues par les nécessités d'une production trop abondante, n'apportaient plus les mêmes profits. Ces illusions mêmes ne peuvent subsister : un simple rapprochement entre les tableaux annuels successifs de notre com-

merce extérieur montre, par exemple, que les exportations de tissus de laine, après avoir dépassé 400 millions de francs en 1882, sont descendues à moins de 240 millions pendant la période 1898-1900; les sorties de fils ont également subi une réduction notable; si les importations accusent, de leur côté, une chute considérable, la compensation est loin de s'établir.

Personne ne conteste cependant que nos manufacturiers aient su, par leur énergie, maintenir la haute et légitime renommée de leurs produits, au point de vue de la qualité, du bon goût et de la variété. Elbeuf, Roubaix, Tourcoing, Reims, Paris s'ingénient sans cesse à faire mieux dans la fabrication des nouveautés. Le jury de 1900 a été unanime à rendre hommage au choix habile des matières, aux mérites de la teinture et des apprêts, au fini du tissage, dont chacune des vitrines de la section française offrait des preuves irrécusables. Il est permis d'affirmer que les progrès de l'industrie nationale des laines peignées ont été supérieurs à ceux des industries rivales.

Au cours de la dernière période décennale, la production *allemande* a poursuivi sa marche ascendante. Pourtant, l'essor paraît avoir été enrayé par le bill Wilson relevant les droits de douane aux États-Unis. D'après les statistiques de 1897, la valeur des tissus fabriqués en Allemagne atteignait alors 778 millions de francs et celle des tissus exportés 185 millions. Nos voisins sont parvenus à s'ouvrir un débouché assez important au Japon pour les peignés et les fils de laine.

L'industrie lainière d'*Autriche* s'est progressivement développée pendant la seconde moitié du siècle, d'abord dans le seul domaine de la laine cardée, puis, à partir de 1878, dans celui de la laine peignée. Reichenberg, Brünn, Bielitz et Jägerndorff en sont les sièges principaux; les provinces du Sud comptent aussi quelques grands établissements.

C'est surtout dans la Catalogne, près de Barcelone, que les *Espagnols* se livrent au travail de la laine. Sabadell et Tarrasa ont depuis longtemps une réputation méritée pour les draperies fines en peigné et cardé.

Abstraction faite des oscillations annuelles, il ne semble pas que l'industrie lainière *américaine* ait notablement augmenté ses moyens

de production pendant les dix dernières années du siècle. Le bill Wilson, en relevant les droits sur la laine et sur les tissus de laine, paraît avoir surtout favorisé la consommation des tissus de coton.

Pour la *Grande-Bretagne*, la période 1891-1900 se caractérise par un accroissement sensible des exportations de fils de laine peignée et par une sérieuse diminution des sorties de tissus (395 millions et demi de francs en 1900, au lieu de 519 millions vers 1890). Les fils de laine exportés sont, pour une large part, des fils cheviotte ou « lustre », et l'Allemagne en prend les deux tiers.

Autrefois, le *Japon* importait beaucoup de mousselines venant surtout de France. Il est arrivé successivement à les teindre et à les imprimer, à les fabriquer manuellement au moyen de fils achetés en Europe, à monter des métiers mécaniques, à établir des filatures alimentées par des peignés européens. Ses efforts actuels tendent à l'installation de peigneuses et à l'achat direct des laines en Australie.

Depuis vingt ans, le peignage, la filature et le tissage sont devenus très actifs en *Italie*, notamment dans la région du Nord. La production des tissus dépasse certainement 50 millions de francs.

Par la valeur des capitaux engagés, l'industrie lainière *russe* est la seconde des industries textiles du pays. Elle donne lieu à un mouvement d'affaires de 430 millions. La Russie se suffit à elle-même pour les tissus de laine cardée; elle importe encore des tissus de laine peignée, mais espère refouler bientôt les produits étrangers.

La *Suisse* a quelques excellentes filatures de laine peignée.

4. Soies et tissus de soie. — Jusqu'au commencement du XIXe siècle, le tirage des cocons formait en France, comme il forme encore dans l'Extrême-Orient, l'annexe des magnaneries; les éducateurs filaient eux-mêmes leurs cocons et portaient la soie ainsi obtenue au marché local, d'où elle arrivait à Lyon par des intermédiaires. En 1805, Gensoul appliqua la vapeur au chauffage des bassines; cette grande et heureuse transformation se vulgarisa rapidement; de puissantes usines furent créées, avec 100 bassines et davantage. Pendant la période de 1825 à 1850, l'outillage de nos filatures ne cessa de recevoir des perfectionnements.

Attaquée dans ses œuvres vives par la maladie du ver, l'industrie du tirage chercha à s'alimenter en important des cocons étrangers, pris surtout dans le Levant. Défalcation faite des cocons réexportés, cette importation atteignit, de 1857 à 1876, une moyenne annuelle de 1,210,000 kilogrammes environ; Marseille était le grand centre d'approvisionnement.

Mais les pays du Levant, ayant amélioré leurs méthodes de filature, réduisirent les envois de cocons, et nos filateurs souffrirent cruellement du défaut de matière première ainsi que de l'immigration des soies grèges exotiques. L'excédent des entrées de cocons sur les sorties tomba à 590,000 kilogrammes durant la période 1877-1886, à 149,000 kilogrammes en 1887, à 33,000 en 1888. Puis il y eut déficit en 1889 : les filateurs français n'employaient même plus intégralement la récolte nationale.

Une enquête faite en 1875 avait constaté l'existence de 27,250 bassines. Le dénombrement de 1888 n'en compta plus que 10,300, dont 4,800 dans le Gard, 2,300 dans l'Ardèche, 1,340 dans la Drôme, 765 dans le département de Vaucluse et 680 dans l'Hérault, le surplus se répartissant entre le Tarn-et-Garonne, l'Ain, le Var, l'Isère, la Loire, la Côte-d'Or, la Haute-Garonne. Toutefois cette diminution du nombre des bassines ne se traduisait pas par une décroissance proportionnelle de la filature : la meilleure qualité des cocons, les perfectionnements de l'outillage, l'emploi plus général de batteurs et de jette-bouts mécaniques, la division mieux entendue du travail avaient déterminé une forte augmentation du rendement de chaque bassine.

On a parfois attribué, du moins pour une certaine part, les souffrances de la filature française aux hésitations qu'auraient éprouvées nos fileurs pour transformer leur matériel et leurs procédés de fabrication. Cette appréciation ne pouvait être acceptée sans réserves, car de nombreux industriels avaient su ne pas s'attarder dans la routine du passé. Les grèges des Cévennes ne trouvaient de rivales dans aucun pays du monde; mais, principalement appropriées aux soieries de luxe, elles luttaient péniblement contre les soies à plus bas prix du Levant et de l'Extrême-Orient, qui convenaient pour les tissus à bon marché. Si les

soies orientales étaient moins bien filées, la justice commandait cependant de reconnaître les progrès réalisés en Asie.

Depuis 1889, la situation de la filature s'est améliorée, comme nous le verrons en jetant un regard d'ensemble sur l'industrie des soies à la fin du siècle.

Le moulinage, qui transforme la soie grège en trames et en organsins, n'est point, de même que la filature, étroitement lié à la récolte des cocons; son indépendance lui permet de vivre en dehors des régions séricicoles. De très remarquables progrès ont été réalisés au cours du XIXe siècle : création des moulins ovales accouplés; nombreux perfectionnements des tavelles, bobines, mécanismes moteurs; moulinage à tours comptés automatiquement; accélération de la vitesse des moulins; etc. Si quelque reproche pouvait être adressé aux mouliniers français, ce serait de ne pas avoir abordé assez tôt le travail des soies asiatiques pour les étoffes à bas prix et de s'être laissé devancer à cet égard par les Italiens. Mais, sous le bénéfice de cette observation, on doit rendre hommage à l'esprit d'initiative avec lequel nos industriels ont successivement amélioré leur outillage et leurs méthodes. Le succès a, d'ailleurs, récompensé leurs efforts : en 1889, le jury reconnaissait hautement le mérite des ouvraisons françaises, même comparées aux plus beaux produits du Piémont et de la Lombardie.

D'après une statistique de 1875, le moulinage français disposait de 376,590 tavelles. Vers 1889, ce nombre était réduit à 263,400, dont 104,600 dans l'Ardèche, 48,100 dans la Drôme, 34,600 dans la Loire, 19,300 dans le département de Vaucluse, 18,600 dans le Rhône, 12,900 dans la Haute-Loire, 10,800 dans l'Isère, 3,700 dans le Gard, 2,600 dans l'Ain, 2,300 dans la Corrèze, 1,400 dans le Puy-de-Dôme, 1,300 dans l'Hérault, et le surplus dans la Savoie, le Pas-de-Calais, Seine-et-Oise, les Bouches-du-Rhône, les Hautes-Alpes et le Var. Le rendement des tavelles avait doublé par suite de l'amélioration des soies grèges, particulièrement des soies asiatiques, et de l'accélération des moulins. Après s'être élevé en moyenne à 1,146,000 kilogrammes pendant la période 1867-1876, l'excédent annuel des importations sur les exportations de soies ouvrées s'était abaissé à

779,000 kilogrammes pendant la période décennale suivante, puis à 75,000 kilogrammes en 1888 et à 128,000 kilogrammes en 1889. Ces chiffres témoignaient de l'espace franchi par nos mouliniers. Une menace paraissait peser sur le moulinage : l'emploi de la soie à l'état grège dans les tissus teints en pièce, emploi qui se généralisait et représentait 1,500,000 kilogrammes tant en France qu'à l'étranger.

Aujourd'hui, les importations sont minimes et les exportations bénéficient d'un très notable accroissement.

J'ai déjà eu l'occasion de signaler la grande et brillante industrie de la filature mécanique des déchets de soie. Cette industrie est née au début de la Restauration. Elle a eu pour berceau en France le département de la Drôme. Ses succès l'ont peu à peu propagée dans l'Europe entière et souvent entraînée loin des centres naturels d'approvisionnement, par suite de la similitude entre son outillage et celui des filatures de laine ou de coton.

Notre filature de déchets de soie transforme actuellement 1,675,000 kilogrammes de peignés par an.

La Révolution avait dispersé les tisseurs, anéanti les capitaux, fermé les ateliers. En 1801, au moment où elle commençait à se relever, la fabrique française des étoffes de soie dut s'adapter à l'ordre de choses nouveau, pour reconquérir dans l'Europe sa vieille prépondérance. Le costume était profondément modifié; on avait renoncé aux tissus façonnés, et la mode, allant chercher ses inspirations en Angleterre, donnait la vogue aux indiennes, aux cotonnades imprimées. Il fallait absolument produire des soieries à bon marché : c'est vers ce but que tendirent tous les efforts des Lyonnais. Néanmoins, convaincus que sans la maîtrise du façonné ils ne sauraient prétendre à la souveraineté industrielle, nos manufacturiers sollicitèrent et obtinrent du Gouvernement impérial des commandes de tissus destinés à l'ameublement des palais nationaux : ils purent ainsi reconstituer une pépinière de dessinateurs et d'ouvriers exceptionnels; Lyon rouvrit ses écoles de dessin; ses belles soieries retrouvèrent, sous une forme nouvelle, le grand style du temps passé.

De 5,000 en 1801, le nombre des métiers de Lyon passa à 12,000 en 1810. Vers cette époque, apparut la machine Jacquard, perfectionnée par Breton. Elle ouvrit la voie du travail automatique et de la grande production manufacturière, à l'heure précise où la fabrique lyonnaise se transformait afin de répondre aux besoins nouveaux des consommateurs et de fournir des tissus d'un prix peu élevé.

Pendant quelques années, le blocus continental avait fait de Lyon l'entrepôt principal des cotons du Levant. Les industriels lyonnais apprirent à connaître et à employer ce textile; bien avant la Suisse ou l'Allemagne, ils pratiquèrent les mélanges de soie et de coton. À l'Exposition de 1819, où les mélanges se montrèrent pour la première fois, le jury constata que la nouvelle branche de fabrication occupait près de la moitié des ouvriers de Lyon.

Tandis qu'à ce point de vue la fabrique lyonnaise réalisait d'immenses progrès, l'élévation du style et la pureté classique des grands façonnés tendaient à déchoir; on entrait dans une période d'effacement artistique, qui devait être fort longue et durant laquelle l'étoffe décorée allait devenir un simple tableau sur la soie. Il n'en coûte rien de l'avouer aujourd'hui, puisque les tissus façonnés ont plus tard reconquis la faveur du public et que la génération suivante a assisté à une véritable renaissance des anciennes traditions décoratives.

Quoi qu'il en soit, avec les années de paix qui suivirent la chute du premier Empire, l'industrie lyonnaise vit grandir sa prospérité. En 1824, elle comptait 20,000 métiers produisant pour 100 millions de soieries de tout genre; le nombre des métiers montait ensuite à 42,000 en 1832, à 50,000 en 1845, à 60,000 en 1853. Ainsi la première moitié du siècle avait été une période de marche incessante en avant, malgré les charges inhérentes aux transformations de l'outillage, malgré les crises réitérées d'ordre social ou politique, telles que les émeutes de 1831 et de 1834, la banqueroute américaine de 1837, la révolution de 1848, le coup d'État de 1851.

À la fin de 1860, la guerre de Sécession des États-Unis vint priver temporairement l'industrie lyonnaise d'un de ses meilleurs débouchés et l'eût jetée dans une perturbation profonde, si la liberté commerciale n'était arrivée à point pour la tirer de ce mauvais pas, en lui ouvrant

de nouveaux marchés et en développant dans une proportion inattendue ses relations avec l'Angleterre. Lyon conquit promptement la Grande-Bretagne et en fit sa principale cliente.

Du reste, quand fut inaugurée la nouvelle politique internationale, les fabricants lyonnais connaissaient toutes les ressources de la mécanique Jacquard; la filature, le moulinage, la teinture avaient progressé; la beauté des soieries de Lyon était universellement appréciée; les combinaisons de fils appelées armures et les merveilleuses couleurs tirées de la houille donnaient naissance à une infinie variété d'étoffes unies. Vers 1869-1870, la fabrique lyonnaise inventa l'industrie des étoffes mélangées teintes en pièce, qui devait devenir si vivace et si florissante. De 1867 à 1872, Lyon produisit annuellement pour 460 millions de soieries, dont 350 correspondant à l'exportation : ces simples chiffres suffisent à attester les succès toujours croissants des industriels lyonnais. En 1873, le nombre des métiers était de 110,000 ou 120,000, y compris 6,000 métiers mécaniques.

Lorsque, en 1876, on revint au façonné, la fabrique lyonnaise y déploya la même habileté qu'autrefois et se trouva prête à satisfaire aux exigences du public. Ce fut un beau réveil des vieilles qualités, pour un temps endormies. Du crayon des dessinateurs, du métier des tisseurs, sortirent d'admirables dessins Renaissance, Louis XIV, Pompadour, des fleurs et des feuillages indigènes ou exotiques merveilleusement interprétés.

Dans l'intervalle qui sépara les Expositions de 1878 et de 1889, Lyon eut à subir quelques épreuves, par suite de l'extension du protectionnisme à l'extérieur. La Russie et l'Autriche opposaient à nos étoffes des barrières presque infranchissables; d'un autre côté, les États-Unis, où nous avions jusqu'alors notre plus large clientèle, après celle de l'Angleterre, défendaient leur production naissante par des droits énormes et réduisaient considérablement leurs achats sur le marché français. À cette cause de malaise s'ajoutait le développement de l'industrie suisse et allemande, assez forte déjà non seulement pour concurrencer la France au dehors, mais aussi pour lui envoyer des produits à bas prix. La situation se compliquait encore par la crise financière de 1882. Quelle que fût leur vaillance, les fabricants de Lyon faiblirent un peu :

leur production, évaluée à 395 millions en 1881, fléchit jusqu'à 341 millions en 1885; heureusement, elle reprit ensuite sa marche ascendante et dépassa 400 millions en 1889. Pour apprécier la véritable portée de ces chiffres, il importe de ne pas oublier que le prix du kilogramme de tissu de soie s'était notablement abaissé et que la quote-part des mélanges atteignait un chiffre beaucoup plus élevé. Après avoir diminué de 1878 à 1887, l'exportation des soieries lyonnaises marquait une tendance à la reprise: en 1889, les sorties de tissus de soie ou bourre de soie, enregistrées par la douane, représentaient 200 millions de francs, somme à laquelle s'ajoutait la valeur des soieries exportées sous forme de vêtements ou emportées par les voyageurs dans leurs bagages personnels. L'importation dépassait 50 millions et accusait un accroissement manifeste, dû pour une part assez forte à l'achat de tissus chinois, indiens ou japonais, qui n'avaient pas leurs similaires en France. D'après les statistiques de l'époque, la fabrique lyonnaise faisait battre 85,000 à 90,000 métiers, dont 20,000 métiers mécaniques; si le nombre total des métiers s'était réduit, en revanche, le travail automatique avait pris une bien plus grande extension, et, tout compte fait, les forces productives bénéficiaient d'une notable augmentation. On pouvait considérer les 20,000 métiers mécaniques comme équivalant à 75,000 ou 80,000 métiers ordinaires. Les métiers automatiques se répartissaient entre plusieurs départements: l'Isère, 9,400; la Loire, 3,450; le Rhône, 2,215; la Savoie, 1,020; l'Ardèche, 1,000; etc.

Pendant les dernières années du siècle, la fabrique lyonnaise a été de plus en plus entraînée vers la production des étoffes à bon marché, que réclamaient la division des fortunes et le nivellement des conditions. Les tissus mélangés figurent pour moitié dans l'ensemble des tissus proprement dits de soie; avec les tissus de bourre de soie et foulards, ils forment près de 60 p. 100 du total. Abandonnant les soieries de haut prix, grands façonnés et étoffes unies de belle qualité, la consommation s'attache aux petites étoffes de prix bas ou moyen, à la mousseline, aux autres tissus légers teints en pièce; elle diminue dès que les cours de la soie s'élèvent au delà d'un certain niveau, et augmente, au contraire, quand la baisse s'accentue. C'est merveille

de voir la souplesse qu'ont déployée les manufacturiers de Lyon pour démocratiser leur industrie et se mettre à la portée des nouvelles couches de consommateurs, sans oublier les traditions séculaires, sans sacrifier le sentiment du beau, le goût et la science décorative. À tous les degrés de la hiérarchie industrielle, les Lyonnais possèdent les moindres secrets de la soie; il y a là un remarquable atavisme de plusieurs siècles. Seule, l'industrie lyonnaise peut créer à la fois les innombrables articles auxquels se prête la soie, depuis le velours épais jusqu'à la gaze impalpable, depuis le brocart à 200 francs le mètre jusqu'à la guenille brillante à 0 fr. 60; seule, elle peut affirmer pour tous ces articles une égale maîtrise, au point de vue du savant emploi des matières, de la teinture ou de l'impression et des apprêts. Ailleurs, on rencontre surtout des spécialités. Lyon est universel et essentiellement créateur; ses rivaux l'épient au point de dérober les échantillons sur les métiers. Constructeurs de matériel, fabricants, tisseurs, teinturiers, apprêteurs, luttent d'émulation pour maintenir et consolider la suprématie lyonnaise.

La production lyonnaise de 1899 et 1900, sur laquelle je reviendrai avec plus de détails, a été en moyenne de 446 millions. Malgré ses mérites, elle doit faire des efforts héroïques pour se défendre contre la concurrence étrangère, qui l'enserre chaque jour davantage. Sans parler de l'Europe, l'industrie des États-Unis présente un essor extraordinaire; elle avait, en 1900, 30,000 métiers mécaniques, c'est-à-dire autant que l'industrie française; à la vérité, celle-ci emploie, en outre, 60,000 métiers à bras, qui sont l'équivalent de 17,000 à 18,000 métiers automatiques.

Quelques indications très brèves sur l'organisation du travail lyonnais ne seront pas inutiles. Antérieurement au XIX[e] siècle, ce travail était concentré dans certains quartiers de Lyon, d'abord le quartier de Saint-Just et les rives de la Saône, puis la Croix-Rousse, Vaise, la Guillotière, les Brotteaux; les métiers appartenaient aux ouvriers. Dès les dernières années du premier Empire, le tissage se répandit dans les campagnes avoisinantes; le cercle s'élargit progressivement et la fabrique de soieries prit le caractère d'une industrie régionale, étendant ses rameaux dans un rayon de plus de 80 kilomètres. Les rapports

entre le personnel urbain et celui de la banlieue ne furent pas toujours des rapports de parfaite intelligence : en 1831 et 1834, les ouvriers de Lyon, ne comprenant pas les nécessités de la production et voulant résister à la concurrence des ouvriers extérieurs, protestèrent par de sanglantes émeutes; leurs tentatives renouvelées à diverses reprises, loin d'arrêter l'exode, ne pouvaient que l'accélérer; le rayonnement de la fabrication était une conséquence fatale et inévitable de la loi économique. Quand, vers 1860, le métier mécanique commença à remplacer le métier à bras, ce fut encore dans la petite ou la grande banlieue que se fit l'installation des usines. Actuellement, Lyon n'a guère plus de 10,000 métiers, dispersés dans 5,000 ou 6,000 ateliers.

Il est un point sur lequel l'organisation séculaire a subsisté: les métiers à bras continuent à appartenir aux ouvriers ou aux petits chefs d'ateliers ruraux et urbains, qui restent ainsi plus indépendants, s'attachent plus étroitement à leur outil et à leur profession, déploient plus d'initiative, recherchent avec passion les perfectionnements et les progrès. Généralement, les ateliers de tissage mécanique sont de même la propriété, non des fabricants, mais d'intermédiaires travaillant à façon. Les fabricants conservent encore une tâche assez lourde, celle de fournir la matière première, de créer les modèles, d'assumer les risques commerciaux. Ces risques sont pourtant moindres qu'on ne pourrait le supposer: le plus souvent, les tissus se font sur commande; quant aux stocks d'étoffes unies préparées à l'avance, l'écoulement en est presque certain, sauf concessions sur les prix.

Au moment où le canut lyonnais voit son rôle diminuer continuellement sous la poussée de la fabrication mécanique et de la démocratisation des soieries, on ne saurait trop rendre hommage à ce collaborateur intelligent, actif, ingénieux et probe. Ses beaux jours ont été ceux de la vogue des étoffes riches et de haute nouveauté, pouvant supporter des prix élevés de façon. Le tisseur à bras, chef d'atelier, est à la fois entrepreneur et ouvrier: propriétaire du métier, il fait un contrat de façon avec le fabricant et exécute la pièce à ses risques et périls. Autrefois, il était aidé par un compagnon qui recevait la moitié du prix de façon, mais subissait un prélèvement de 50 p. 100 pour le local et l'usage du matériel; l'émigration continue du travail vers la

campagne a fait disparaître le compagnon, et le chef d'atelier doit maintenant se substituer à son ancien collaborateur. Cette émigration s'accentue chaque jour; le fabricant y a poussé non seulement par des raisons économiques, mais aussi parce qu'il y trouvait une sécurité contre des coalitions éventuelles. Des hommes d'initiative ont, récemment, aménagé une chute du Rhône et créé une distribution d'énergie électrique, en partie destinée aux ateliers familiaux; il ne semble pas que l'œuvre doive, dans une large mesure, transformer le travail des soieries à domicile ni imprimer un regain de vie aux ateliers des canuts.

De nombreuses institutions se rattachant à l'industrie des soies ont été organisées à Lyon, soit dans un but commercial et professionnel, soit dans un but d'instruction technique et artistique, soit dans un but philanthropique. Ce sont: dans l'ordre commercial, la Condition des soies (véritable établissement modèle) et ses annexes, le Magasin général des soies, les Chambres syndicales des fabricants de soieries et des marchands de soies de Lyon, l'Essai public des marchands de soies et des fabricants de soieries, le Laboratoire d'études de la soie et le Laboratoire de chimie de la douane; dans l'ordre de l'enseignement, l'École de la Martinière, l'École supérieure de commerce et de tissage, l'École de chimie industrielle, l'École centrale lyonnaise, les cours de la Société d'enseignement professionnel, l'École municipale de tissage, l'École Saint-Pierre, le Musée d'art et d'industrie du Palais du commerce; dans l'ordre philanthropique, la grande Société de secours mutuels et la Caisse des retraites des ouvriers en soie, la Caisse de secours des fabricants de soieries et des marchands de soie; la Caisse des prêts pour les chefs d'atelier.

Si Lyon personnifie en quelque sorte l'industrie française de la soie, d'autres centres ont cependant tenu pendant le cours du XIXe siècle et tiennent encore une place importante dans cette industrie.

Tout d'abord, Saint-Étienne est au premier rang pour la fabrication des rubans, comme Lyon pour la fabrication des soieries. Établie dans le Forez depuis le XIIIe siècle, la fabrication des rubans a débuté à Saint-Chamond, puis s'est installée à Saint-Étienne. Elle n'a pris tout

son développement que le jour où le métier à haute lisse, disposé pour produire une seule pièce, a été remplacé par le métier à la barre, permettant de tisser à la fois plusieurs pièces. Grâce à leur ingéniosité et à leur persévérance, à l'habileté de leur personnel ouvrier, aux efforts constants des teinturiers et des dessinateurs, les manufacturiers de Saint-Étienne ont pu résister aux nombreuses crises provoquées par les variations de la mode et les luttes économiques, soutenir la concurrence redoutable de la Suisse et de l'Allemagne, modifier sans cesse leur tissage suivant les caprices du moment, produire selon les circonstances du broché, du façonné, du satin ou du velours, introduire soit le fil, soit le coton, dans la confection des tissus mélangés. Depuis fort longtemps, les Stéphanois ont dû substituer largement le régime de la manufacture au système des métiers isolés, avec lequel ils ne pouvaient suivre assez vite les besoins de la consommation et qui occasionnait trop de frais. La plupart des fabricants ont adopté une spécialité et y consacrent toutes les ressources de leur intelligence. Nulle part ailleurs, on ne tisse mieux les rubans; nulle part ailleurs, on ne tire un meilleur parti du métier; nulle part ailleurs, la science de la composition et du coloris n'est poussée à un plus haut degré.

La production de Saint-Étienne était évaluée à 17 millions de francs en 1805, à 50 millions en 1834, à 120 millions en 1872 : ce dernier chiffre correspondait au travail de 20,000 métiers environ, dont 1,500 mus par la vapeur ou par des moteurs hydrauliques. Après 1872, on rencontre des estimations de 68 millions en 1883, 104 millions en 1889, 88 millions en 1898 et 1899, 77 millions en 1900. Ces variations s'expliquent notamment par les fluctuations de la mode et par l'abaissement du prix moyen de la matière première.

En 1889, des supputations approximatives fixaient à 68 millions (50 pour les rubans de soie pure et 18,5 pour les rubans mélangés) l'exportation des rubans, y compris les sorties à l'état de garniture des costumes ou comme articles de mode et de fantaisie. Ces supputations ont nécessairement un caractère aléatoire. L'exportation visible, saisie par la douane, était alors de 35 millions; elle a été de 40 millions et demi en 1900.

Paris, déjà en possession d'une assez importante fabrique de soieries, y avait joint les châles au commencement du XIX[e] siècle. Ultérieurement, son rôle s'est presque restreint à la passementerie, aux galons, aux franges, aux chenilles, en un mot aux articles pour garniture de vêtements ou de meubles, articles sans cesse renouvelés et rajeunis, dans lesquels les Parisiens mettent en œuvre la fécondité de leur imagination. La capitale a aussi dans son domaine les soies à coudre ou à broder et les cordonnets de schappe.

Vers le milieu du siècle, Roubaix et Amiens ont pris place parmi les centres du travail de la soie; leurs tissus mélangés pour meubles ou pour vêtements jouissaient, dès avant 1878, d'un renom mérité. Tourcoing a abordé la même fabrication que Roubaix. Citons encore Tours (tissus d'ameublement), Calais et Caudry (dentelles et tulles), Nîmes (bonneterie), Toulouse (bluterie). Paris et les divers centres qui viennent d'être énumérés ont une production de 100 à 120 millions.

En *Allemagne*, l'industrie des soies, après avoir débuté à Berlin, s'est installée dans les provinces rhénanes, où elle trouvait la main-d'œuvre à bas prix et pouvait ainsi supporter les inconvénients de sa situation géographique loin des centres producteurs et des grands marchés de matière première; Crefeld, Barmen, Weisen et Ronsdorf devinrent les principaux lieux de fabrication; contrairement à la pratique lyonnaise, les métiers appartenaient aux industriels. Le travail disséminé offrait de tels avantages, que les patrons reculèrent longtemps devant la création de grands ateliers, même après l'apparition du tissage mécanique; leurs hésitations s'expliquaient par la crainte de voir l'instabilité de la consommation rendre leurs sacrifices inutiles, par leur impuissance à faire incessamment des articles nouveaux comme les Lyonnais, par les dangers de la surproduction dans les puissantes manufactures, par la répugnance des ouvriers pour le séjour dans les villes et pour le travail aggloméré, par les dispositions du Gouvernement en faveur de l'atelier familial. Ces dispositions n'étaient pas douteuses : une loi interdisait l'emploi des enfants au-dessous de quatorze ans dans les manufactures, afin de déterminer le père de

famille à diriger lui-même l'éducation industrielle de ses fils; des écoles spéciales donnaient aux jeunes gens de treize à quinze ans les notions relatives à la pratique de leur métier; les pouvoirs publics venaient en aide aux caisses de retraite et de secours mutuels fondées et dirigées par les tisserands sous le contrôle des municipalités. Du reste, la fabrique allemande ne sortait guère des tissus simples, des étoffes à poils, des velours, des peluches et de quelques étoffes mélangées de schappe et coton. Cependant, après 1870, la physionomie de l'industrie prussienne dut se modifier sensiblement; en présence de la vogue qu'avaient obtenue certains tissus à bon marché de leur fabrication, les industriels transformèrent leur outillage et cherchèrent à suivre les variations de la mode; d'importantes améliorations s'accomplirent dans les multiples opérations que nécessitent les velours. Le nombre des métiers, qui était seulement de 25,000 en 1844, passa à 58,000 en 1873. Poursuivant sa marche en avant, la fabrique allemande aborda tous les genres unis ou façonnés, se renseigna très exactement sur les progrès et les créations hors de l'Empire, chercha sans relâche des débouchés nouveaux, déploya beaucoup d'intelligence dans ses relations commerciales, multiplia les échantillons, se montra prête à toutes les complaisances. Aujourd'hui, sa production annuelle représente au moins 350 millions de francs. Crefeld et Elberfeld sont les centres prédominants. De ces deux centres, le premier fait des velours, des peluches, des étoffes pour robes et pour meubles, etc.; le coton joue un grand rôle dans sa fabrication. Elberfeld tisse des rubans.

Vers 1810, Vienne possédait 2,500 métiers et l'industrie sérique *autrichienne* consommait 3,000 balles de soie, pour en faire des façonnés, des velours, des crêpes, des gazes, des galons et des dentelles. Au milieu du XIXe siècle, les fabricants viennois entrèrent courageusement en lutte avec leurs concurrents européens, sous le régime des traités de commerce; mais l'inutilité de leurs efforts les détermina à réclamer un régime protecteur, frappant certains articles étrangers d'un droit de 30 p. 100 *ad valorem*. Ils avaient à satisfaire aux goûts, aux coutumes, aux mœurs des éléments très hétérogènes dont se compose l'Empire; leur clientèle s'étendait aux populations de-

l'Orient limitrophes de l'Autriche : de là une diversité de fabrication, qui les forçait à aborder les genres les plus différents et les empêchait de se perfectionner dans aucun de ces genres. En 1873, on évaluait le nombre des métiers à 9,500 (6,500 pour étoffes et 3,000 pour rubans); la consommation de matière première était de 250,000 kilogrammes; l'exportation atteignait 23 millions de francs et comprenait des velours de soie pure ou mi-soie, unis ou façonnés, des satins, des rubans, des gazes, des foulards. L'Autriche a des ouvriers intelligents et adroits; ses dessinateurs sont doués de goût et reproduisent habilement soit les tissus d'Occident, soit les étoffes byzantines, hindoues ou persanes; ses fabricants savent composer la tissure et ont le sens artistique. Actuellement, la valeur de la production annuelle est de 80 à 90 millions de francs.

Beaucoup d'éducateurs *chinois* tirent eux-mêmes la soie de leur récolte et la tirent autant que possible de cocons frais; quoique des plus simples, les procédés et les appareils de tirage donnent des produits de bonne qualité, grâce à l'attention et à l'habileté des fileuses. Une certaine quantité de soie sort de filatures montées à l'européenne; ces établissements ont longtemps végété, soit que leur direction fût mauvaise, soit que l'hostilité du Gouvernement ou du peuple nuisît à leur développement. Comme la filature, le moulinage en Chine est surtout une industrie domestique; dès 1878, les envois de soies ouvrées vers l'Europe avaient considérablement diminué, et le déclin allait s'accentuer rapidement. De tout temps, les Chinois ont tenu en honneur le tissage de la soie : nous leur devons le taffetas, la gaze, le crêpe, le satin; on leur attribue aussi le mérite d'avoir, les premiers, réalisé l'impression des tissus. Habiles dans tous les genres, ils produisent également bien les étoffes les plus diverses et y emploient la matière, tantôt en écru, tantôt en fil teint, tantôt en grège, tantôt en poil; souvent, ils arrivent à des effets fort curieux par le mélange de ces soies entre elles et par l'utilisation des soies sauvages. Un grand nombre de familles préparent, tissent et teignent leurs étoffes; il n'y en a pas moins des tisseurs de profession, pour les étoffes de luxe telles que les brocarts et les tissus façonnés. Plusieurs centres de fabrication très renommés existent dans le Chen-si et le Sse-tchouèn (velours), le

Honan (satins), le Tche-kiang (crêpes), le Kiang-sou (étoffes façonnées), le Fo-kièn (popelines et velours ciselés), la région de Canton (tissus légers), etc. En 1878, le nombre des métiers était évalué à 350,000 et la production à 300 millions de francs. L'Europe et l'Amérique ne demandent guère à la Chine qu'une étoffe légère et molle. connue sous le nom de pongee : cette étoffe ressemble à un taffetas exécuté dans le genre du corah indien, avec des soies écrues ou avec des schappes et des soies sauvages; elle se rapproche aussi du foulard; on la teint ou on l'imprime dans le pays d'importation.

L'*Espagne* n'a plus qu'une production limitée, 18 à 20 millions de francs par an. C'est surtout dans la Catalogne et la province de Valence que s'exerce l'industrie soyeuse. Barcelone constitue le centre le plus important pour la fabrication des étoffes. Certains tissus se recommandent par l'originalité de leurs dessins et sont recherchés dans l'ameublement.

Aux *États-Unis*, l'ouvraison des soies a pris naissance à Mansfield (Connecticut) en 1810. Les moulins se sont ensuite multipliés dans les États de Pensylvanie, de Connecticut, de New-York, de Massachusetts, de New-Jersey; en 1875, on comptait déjà 151,000 broches. Pour produire rapidement des articles dont la demande était éphémère, les métiers devaient marcher à grande vitesse, ce qui n'était possible qu'avec de la soie très régulière : aussi les mouliniers préféraient-ils à toute autre la soie indigène très soigneusement filée; mais la récolte américaine restait minime, et il fallait nécessairement recourir aux soies asiatiques. Vers 1840, les tisseurs américains demandèrent à Canton de la matière première mieux préparée et reçurent des soies dites *redévidées,* qui toutefois n'acquirent que beaucoup plus tard un degré suffisant de perfection et dont l'importation s'accrut rapidement à partir de 1868, malgré les plaintes des mouliniers. La fabrication des soies retorses, suivant une progression continue, dépassait 30 millions de francs, dès 1878. Avant la guerre de Sécession, New-York était devenu un grand marché de soieries européennes; son commerce n'avait cessé de grandir depuis le commencement du siècle. Fidèles aux tissus anglais jusqu'en 1807, les acheteurs américains entrèrent à cette date en rapport avec les manufactures de Lyon et de

Saint-Étienne : notre exportation aux États-Unis monta à 35 millions de francs en 1833, à 130 millions en 1859. À leur tour, les produits suisses et allemands passèrent l'Atlantique. L'Amérique ne cherchait point encore à enrayer ce courant par une production nationale, que le prix de la main-d'œuvre eût rendue trop coûteuse. Après la guerre, le Gouvernement, obligé de faire face à une dette énorme, frappa de droits très élevés les produits étrangers. À la faveur de ces droits, qui atteignaient 60 p. 100 *ad valorem*, naquit de toutes pièces une industrie nouvelle : les fabricants américains, écartant le régime des métiers isolés, adoptèrent immédiatement celui des vastes usines et entreprirent d'abord le tissage des rubans, puis celui des étoffes; ils prirent à Lyon, à Saint-Étienne, à Zurich, dans tous les centres renommés, l'outillage le meilleur et appelèrent des contremaîtres expérimentés. Il n'était pas rare de trouver réunis l'ouvraison, le tissage et la teinture; en d'autres temps et en d'autres lieux, pareille concentration eût été désavantageuse. Quoi qu'il en soit, la fabrique américaine se mit ainsi en mesure de produire tous les tissus susceptibles d'être faits sur des métiers mécaniques. Les importations de soies du Japon, de la Chine et de l'Europe étaient évaluées, en 1887, à 2,500,000 kilogrammes; elles avaient triplé depuis 1870. Des manufactures nombreuses existaient à Paterson (New-Jersey), à New-York, dans le Connecticut, en Pensylvanie; on estimait à 250 millions de francs la production d'étoffes, de rubans, de passementeries, de soies retorses, et pourtant les entrées de soieries étrangères représentaient 175 millions. Maintenant, la production est estimée à 380 ou 400 millions et l'importation n'a pas très notablement décru.

Quoique relégué au second plan par le développement des industries de la laine et du coton, le tissage de la soie tenait cependant une place considérable dans la *Grande-Bretagne*, pendant les premières années du siècle; la perfection de l'outillage et l'excellente ouvraison des soies de Chine assuraient aux manufactures anglaises de soieries une réelle supériorité; nos voisins réussissaient merveilleusement dans les crêpes et tissus mélangés à bon marché. Du reste, à cette époque comme plus tard, l'Angleterre a été puissamment servie par les crises intérieures ou extérieures qui ont si cruellement éprouvé la France; si elle avait

pu produire les façonnés et créer des œuvres de goût comme celles de la fabrique lyonnaise, notre industrie aurait eu de la peine à ne point sombrer. En 1825, les Anglais se sentirent assez forts pour lever la prohibition sur les soieries étrangères; toutefois ils laissèrent subsister un droit d'entrée représentant à peu près 30 p. 100 *ad valorem :* la production et la consommation ne firent que croître; de 1,200 en 1820, le nombre des métiers monta, en 1840, à 50,000, répartis autour de Londres, de Manchester, de Congleton, de Glasgow; l'importation des soies passa de 1 million à 3 millions de kilogrammes. Le moulinage prospérait également : on vit le nombre des broches de Manchester s'élever de 20,400 (1823) à 84,000 (1833) et à 122,000 (1850). L'exportation atteignait 9 millions de francs en 1826 et 39 millions vingt ans plus tard. En 1845, les droits d'entrée sur les soies grèges et les soies ouvrées disparurent; l'essor du moulinage s'accusa encore; l'exportation des soies ouvrées fut de 100,000 kilogrammes en 1854, et la progression continua jusqu'en 1860, époque à laquelle elle se trouva enrayée par la concurrence suisse, italienne et française. Lors de l'Exposition de 1851, l'Angleterre venait immédiatement après Lyon; néanmoins ses tissus laissaient à désirer sous le rapport du goût, des dessins, des dispositions, de l'entente des couleurs. L'année 1860 marqua l'apogée de l'industrie britannique, qui consommait 1,870,000 kilogrammes de soie, prélevés sur une importation de plus de 4 millions de kilogrammes, et qui possédait 75,000 métiers disséminés à Spitalfield, Manchester, Midleton, Macclesfield (unis et façonnés), Nottingham (tulles et dentelles), Coventry, Congleton, Derby (rubans), Norwich (crêpes), Rochdale (peluches), Leek (galons), Bradford (velours); on évaluait là production du tissage à 250 millions de francs; ce résultat était dû, pour une large part, aux mesures économiques telles que l'abolition des droits sur les matières premières, celle de l'acte de navigation de Cromwell, l'établissement de transports réguliers et rapides subventionnés par l'État, etc.

Après les traités de 1860, nos fabricants surent exploiter avec une extrême habileté le marché nouveau qui leur était largement ouvert; ils fondèrent des agences et des dépôts à Londres, ainsi que dans les principales villes du Royaume-Uni, et purent ainsi profiter de tous les

débouchés du commerce britannique dans le monde entier; notre exportation, de 70 millions en 1839, arriva à 138 millions et demi en 1859 et à 230 millions en 1867. Néanmoins l'industrie anglaise luttait vaillamment; à l'Exposition de 1867, elle fit admirer ses moires antiques, ses popelines écossaises et irlandaises, ses tissus foulards unis ou sergés, façonnés ou imprimés; mais ses efforts avaient été impuissants à lui donner la science du dessin et le goût du coloris.

Les symptômes fâcheux pour l'industrie britannique ne tardèrent pas à se caractériser. Cette industrie se heurtait contre les bas prix obtenus en France, comme en Prusse et en Suisse, par la dissémination des métiers chez les petits artisans des campagnes; d'un autre côté, les ouvriers anglais, si admirables dans les travaux utilitaires, ne parvenaient pas à conquérir la délicatesse du sens artistique. Il y eut une reprise en 1870, à la faveur de la crise des industries française et allemande : l'Angleterre occupait alors 60,000 métiers, dont près de 13,000 métiers mécaniques. La reprise fut de courte durée, et l'année 1873 inaugura une période de déclin manifeste. En lutte avec les *trade unions* pour les prix de main-d'œuvre, les fabricants anglais essayèrent vainement de soutenir la concurrence de leurs rivaux par le transport des métiers en Écosse; possédant des usines puissantes, travaillant avec de gros capitaux, accablés de frais généraux, limités par le *factory act* pour la journée des ouvriers, ayant un personnel peu apte aux transformations rapides de la production, ne trouvant qu'à grand' peine des débouchés pour leurs tissus riches, ils ne purent conjurer le mal, en dépit de vigoureux efforts pour l'éducation des tisserands par les écoles de dessin et les écoles professionnelles. Une enquête instituée en 1885 révéla l'extrême gravité de la situation : à Midleton, par exemple, le nombre des métiers avait diminué des neuf dixièmes; à Macclesfield, la réduction était de moitié; l'industrie des rubans de Coventry n'employait plus que 1,500 métiers au lieu de 9,000; sur les 24,000 métiers qui avaient existé en 1825 à Spitalfield, il en restait seulement 2,000; Paishley (Écosse) ne gardait que quelques tisseurs pour rideaux et tapisseries; la teinturerie avait disparu de Manchester.

Jamais, l'Angleterre n'est parvenue à reprendre son ancien rang. Sa

production actuelle de tissus ne va pas au delà de 70 ou 80 millions par an. Le marché des soies asiatiques a déserté Londres au profit de la France et de l'Italie.

À aucune époque, la sériciculture n'a tenu dans l'*Inde* la place que semblaient devoir lui assigner l'étendue du pays, la densité de la population et la nature du climat. Elle paraît même avoir décru. Vers 1868, les exportations de soie hindoue (cocons, soies grèges et déchets de soie) étaient de 1 million de kilogrammes; en 1878, elles avaient subi une baisse de 400,000 kilogrammes, et maintenant on ne les évalue qu'à 270,000 kilogrammes; les importations sont de beaucoup supérieures. L'Inde a deux catégories de filatures, les filatures européennes et les filatures dites *des natifs,* dont le produit s'emploie dans les tissages locaux; celles-ci ont été moins éprouvées que les premières par la décroissance des exportations. Souvent encore, le moulinage s'effectue à la main. C'est surtout par les foulards imprimés et les corahs écrus que sont connus les produits du tissage indien; mais la production s'étend à des étoffes très variées, entre autres à des étoffes brochées et façonnées, avec décor formé par des poissons, par des tortues, par des perroquets, par des fleurs de lotus, ainsi qu'à des tissus brodés d'or et d'argent, employés pour vêtements de cérémonie, coussins, couvertures, écharpes, turbans, etc., et remarquables par la variété des dessins comme par la pureté des nuances. L'adoption par les indigènes des tissus anglais de laine et de coton a naturellement diminué la consommation des tissus de soie à bon marché.

L'*Indo-Chine* et la *Birmanie* ont fourni, en moyenne, 900,000 à 1 million de kilogrammes de soie pendant les années 1895 à 1898. Elles importent plus de matière première et de tissus qu'elles n'en exportent. L'usage des soieries est très répandu au Tonkin, mais les tissus sont en général légers, grossiers, unis et teints en pièce; cependant des étoffes brochées de la région d'Hanoï jouissent d'une véritable célébrité. Au Cambodge, l'île de Ksach-Kondal et ses environs produisent une soie de bonne qualité, qui sert à la fabrication de langoutis très recherchés dans l'archipel Indien et le Siam. Les Birmans tissent des étoffes appréciées par les Hindous, les Siamois et les habitants de l'archipel Indien.

Dans la première moitié du XIXe siècle, les fileurs et mouliniers *italiens* s'étaient laissé surpasser par les Français; le baron de Rœden constatait leur infériorité en 1845. Bientôt, ils s'assimilèrent nos méthodes de travail, se pénétrèrent de nos procédés, transformèrent leur industrie, la perfectionnèrent, concentrèrent leurs opérations. En 1868, le recensement constatait l'existence de 4,805 filatures contenant 61,900 bassines (dont 25,600 à vapeur), utilisant 20 millions et demi de kilogrammes de cocons et donnant 1,314,000 kilogrammes de soie grège; huit ans après, il y avait 3,600 filatures avec 83,000 bassines (dont plus de 53,000 à vapeur); vers 1878, on évaluait à 2,800,000 kilogrammes en moyenne la production de soie grège. Les mouliniers avaient réalisé des progrès plus remarquables encore, accru la rapidité de rotation des fuseaux, régularisé les torsions; aussi la consommation recherchait-elle les produits italiens. De grands efforts s'étaient accomplis pour le moulinage des soies asiatiques. L'industrie était d'ailleurs favorisée par la modicité des impôts, le prix peu élevé des appareils, les conditions économiques du personnel ouvrier, la faculté d'emploi des enfants. Une statistique officielle de 1876 enregistrait 2,080,000 fuseaux, dont 258,000 inactifs; l'ouvraison des soies se faisait surtout en Lombardie, dans le Piémont et en Ligurie. En 1878, l'exportation des soies écrues, grèges et ouvrées, dépassait notablement 3 millions de kilogrammes; la fabrique lyonnaise prenait une forte part de ce contingent. Tandis que se développaient les industries de la filature et du moulinage, celle du tissage était complètement délaissée. Les tentatives de relèvement datent de la constitution du royaume d'Italie; Côme fut le centre de cette renaissance; sa fabrique recueillit les manufacturiers de Milan, à la suite de leurs différends avec les ouvriers, et le nombre des métiers monta à 7,000 en 1878. Après avoir vu ses débuts facilités par la vogue des étoffes unies, failles et satins, l'industrie de Côme, pendant un certain temps menaçante pour la place de Lyon, périclita lors de l'abandon des tissus de soie pure; elle ne put ni se transformer rapidement, ni lutter contre les avantages de la France, de la Suisse et de l'Allemagne, au point de vue de l'approvisionnement des matières premières destinées aux mélanges.

Pendant les vingt dernières années, l'Italie est restée à la tête de la sériciculture européenne. Sa filature et son moulinage ont prospéré. Le tissage a bénéficié d'une reprise sensible; on en évalue la production moyenne annuelle à 70 millions de francs, et l'exportation suit une marche rapidement ascendante. C'est principalement en Lombardie et dans le Piémont que se font les étoffes.

Vers 1878, la production de soie grège au *Japon* était estimée à 2 millions de kilogrammes environ, dont le tiers restait dans la consommation locale, le surplus étant exporté en Europe, aux États-Unis, aux Indes. Des négociants japonais avaient habilement organisé le commerce d'exportation et créé à cet effet de grandes compagnies, avec succursales à Paris, Londres, New-York. Le Gouvernement, de son côté, protégeait la sériciculture et entretenait à Tōkyō, depuis 1874, un établissement d'études pour l'éducation des vers à soie. Également soucieux des intérêts de la filature, il avait recommandé, dès 1870, l'emploi des méthodes européennes et fondé lui-même des usines à Tomioka et à Tōkyō; son exemple ne tarda pas à être suivi dans les provinces de Shinshū, de Kōshū, de Hida, etc. Cette heureuse initiative détermina une progression notable du commerce extérieur. L'ouvraison des soies constituait alors au Japon une industrie très divisée; les mouliniers ne travaillaient que pour la fabrique indigène; parmi les procédés en usage, on distinguait le filage en torsion simple, la torsion de gauche à droite de plusieurs brins de soie, leur torsion de droite à gauche, la torsion très forte de plusieurs brins, le doublage et la torsion de deux soies déjà fortement tordues, l'une de gauche à droite, l'autre de droite à gauche. Sans disposer de l'excellent outillage européen, l'industrie du tissage se caractérisait néanmoins par la beauté et le goût des étoffes, et tout faisait prévoir qu'elle s'assimilerait promptement les méthodes occidentales; différents centres étaient célèbres pour les taffetas blancs, les tissus brochés d'or, les étoffes légères, les crêpes unis ou rayés, les velours; le nombre des métiers en activité atteignait 40,000. Le progrès s'est poursuivi : aujourd'hui, le Japon produit près de 8 millions de kilogrammes de soie, y compris les matières inférieures, et exporte 3,450,000 kilogrammes; ses sorties de tissus approchent de 60 millions de francs.

En *Russie*, deux régions donnent de la soie : le Turkestan et le Caucase. Tous les cocons du Turkestan continuent à être dévidés sur place au moyen d'appareils primitifs et leurs produits servent à fabriquer des articles n'ayant d'autre clientèle que les indigènes du pays. La sériciculture du Caucase, fort compromise par la pébrine jusqu'en 1890, est entrée dans la voie du relèvement et fournit environ 500,000 kilogrammes de soie grège; le dévidage a lieu dans la contrée même, et la moitié de la soie alimente le tissage local, tandis que le surplus va à Moscou. Durant les dix dernières années du siècle, le moulinage a pris beaucoup d'extension, en particulier dans le gouvernement de Moscou, qui possède des établissements très bien outillés. Les progrès du tissage ont été continus. Au fur et à mesure qu'ils développaient leur matériel, les industriels ont sollicité et obtenu des taxes de plus en plus élevées sur les produits étrangers : la fabrique lyonnaise, dont les soieries étaient si appréciées de la population russe, en a souffert; il y a d'autant plus lieu de le regretter que les Slaves se sont toujours montrés épris des tissus de soie et qu'après avoir été d'excellents clients pour Byzance et l'Italie, ils l'étaient devenus pour la France. La production des étoffes de soie, évaluée à 10 millions en 1824 et à 40 millions en 1872, l'est maintenant à 100 ou 110 millions. Grâce à des efforts incessants pour développer l'instruction artistique et technique de leurs auxiliaires, les fabricants russes sont parvenus non seulement à faire des brocarts irréprochables, mais aussi à tisser des étoffes remarquables de tenture ou d'ameublement et à y adapter avec un sens très original les anciennes formes décoratives de l'Orient. Dans la catégorie des tissus d'habillement, ils imitent encore les Lyonnais; cependant leur émancipation se dessine nettement.

La *Suisse* produit, dans le Tessin et dans quelques vallées méridionales des Grisons, une petite quantité de soie; celle-ci est filée par des manufactures de la région, qui s'alimentent également en Italie. Sans suffire à la consommation intérieure, le moulinage peut être considéré comme prospère. Jadis, les Suisses s'adonnaient à la fabrication d'un tissu léger, uni, brillant, rayé ou quadrillé, fait avec des soies fines; par son prix modique et son excellente qualité, ce tissu conquit la vogue et contribua au développement de l'industrie locale. Quand la

faveur publique, tant en Europe qu'aux États-Unis, abandonna les étoffes de soie pure, nos voisins durent modifier leur production et leur manière de faire; ils opérèrent cette transformation avec l'esprit de ténacité, de patience, d'observation minutieuse et d'ordre qui a toujours assuré le succès de leurs entreprises. Les manufacturiers suisses furent les premiers à pratiquer la division du travail; ils perfectionnèrent l'ourdissage et le pliage, améliorèrent les moindres détails du métier mécanique et réussirent si bien, que Lyon leur fit plusieurs emprunts. Voyant leur exportation vers les États-Unis diminuer par suite des progrès de l'industrie sérique au delà de l'Atlantique, ils allèrent combattre les Américains dans leur propre pays et installèrent d'importantes manufactures à Union-Hill dans le New-Jersey. La fabrique suisse, qui ne vit que par l'exportation et ne peut se régler sur une consommation certaine, a éprouvé plusieurs crises de pléthore; elle y a résisté par son énergie et n'a, en somme, cessé de progresser pendant le XIXe siècle. On sait que les deux principaux centres sont Zurich pour les tissus et Bâle pour les rubans. Zurich possédait 5,000 métiers en 1800; ce nombre s'est élevé à 7,000 en 1811, à 9,000 en 1830, à 15,000 en 1839, à 20,000 en 1851, à 27,000 en 1872, à près de 30,000 en 1878, et depuis, la substitution des métiers automatiques aux métiers à bras a été énergiquement poursuivie; bien que très variés, les produits se composent surtout d'articles à bon marché, qui, du reste, sont fort bien faits et pour le placement desquels les manufacturiers déploient une extrême activité. Bâle, obligé de lutter contre Saint-Étienne, refoulé des États-Unis, éliminé au moins en partie de l'Allemagne, a eu une fortune moins facile, malgré ses sacrifices pour avoir un outillage parfait et de grandes usines; trop souvent, les Bâlois se sont appliqués à reproduire les créations de Saint-Etienne, ce qu'ils faisaient d'ailleurs avec une étonnante promptitude. La valeur actuelle de la production d'étoffes est de 180 à 200 millions de francs, dont les trois quarts pour l'exportation.

Suivant des supputations approximatives, la *Turquie d'Europe* et la *Turquie d'Asie* fourniraient 1,100,000 kilogrammes de soie. Beaucoup de filatures y ont été établies par des Français ou par des étrangers d'autres nationalités; elles sont bien outillées et bien dirigées.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Il ne me reste qu'à préciser par des chiffres la situation des industries de la soie à la fin du XIXe siècle.

Comme je l'ai indiqué dans un précédent chapitre, la quantité de soie mise à la disposition du commerce et de l'industrie (récoltes d'Europe et d'Asie Mineure; exportations de l'Extrême-Orient) a été de 14,724,000 kilogrammes en 1898, de 18,057,000 kilogrammes en 1899 et de 16,717,000 kilogrammes en 1900 : la moyenne ressort à 16,500,000 kilogrammes environ. Il y a dix ans, la moyenne n'était que de 12,400,000 kilogrammes.

Le poids des soies mises en vente sur le marché français s'est élevé à 6,640,000 kilogrammes en 1898, à 8,720,000 kilogrammes en 1899 et à 6,292,000 kilogrammes en 1900. Ce dernier chiffre se décompose ainsi : récolte française, 744,000 kilogrammes; importation de soies grèges, tare déduite, 5,380,900 kilogrammes; importation de soies ouvrées, 15,800 kilogrammes; importation de cocons fins, comptée à raison de 1 kilogramme de soie pour 4 kilogrammes de cocons, 151,300 kilogrammes. La moyenne triennale de 7,217,000 kilogrammes représente 44 p. 100 du poids total des soies livrées au commerce dans le monde.

Nos fabriques ont retenu 3,578,500 kilogrammes en 1898, 4,698,300 kilogrammes en 1899, 3,323,200 kilogrammes en 1900, ce qui donne pour la moyenne triennale 3,866,700 kilogrammes. La consommation en France n'a pas augmenté depuis 5 ans.

D'après les travaux de la Commission permanente des valeurs de douane, la consommation industrielle des divers pays pendant les trois dernières années du siècle aurait été la suivante :

PAYS.	1898.	1899.	1900.	MOYENNES.
	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.
États-Unis	3,815,000	5,020,000	3,700,000	4,178,000
France	3,578,000	4,698,000	3,323,000	3,866,000
Allemagne	2,758,000	2,895,000	2,630,000	2,761,000
Suisse	1,556,000	1,685,000	1,455,000	1,565,000
Russie	1,350,000	1,350,000	1,175,000	1,292,000
Italie	900,000	950,000	950,000	933,000
Grande-Bretagne	1,063,000	1,095,000	800,000	986,000
Autriche-Hongrie	700,000	715,000	675,000	697,000
Indes anglaises	235,000	360,000	515,000	370,000
Espagne	110,000	225,000	205,000	180,000
Levant, Nord de l'Afrique et pays divers	530,000	545,000	635,000	570,000
TOTAUX	16,595,000	19,538,000	16,063,000	17,398,000

Notre quote-part est de 22 p. 100 et accuse une légère décroissance relativement à la période triennale antérieure.

Le tableau ci-après indique les quantités de soie conditionnées ou pesées en Europe, spécialement à Milan et à Lyon, au cours des années 1898, 1899 et 1900 :

PAYS.	1898.	1899.	1900.	MOYENNES.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
ENSEMBLE DE L'EUROPE.				
Italie	8,790,000	10,082,000	8,285,000	9,052,000
France	8,699,000	9,975,000	7,957,000	8,877,000
Suisse	2,099,000	2,175,000	1,767,000	2,014,000
Allemagne	1,279,000	1,351,000	958,000	1,196,000
Autriche	261,000	296,000	220,000	259,000
Angleterre	27,000	31,000	28,000	29,000
Totaux	21,155,000	23,910,000	19,215,000	21,427,000
MILAN ET LYON.				
Milan	7,549,000	8,724,000	7,224,000	7,832,000
Lyon	6,462,000	7,559,000	6,042,000	6,688,000

On s'accorde à reconnaître que l'avance prise par l'Italie résulte de son importante production soyeuse et de l'augmentation des arrivages de soies asiatiques au port de Gênes.

Depuis six ans, les prix des soies fines ont oscillé : pour les soies des Cévennes, entre 38 et 57 francs; pour les soies d'Italie, entre 38 et 56 francs; pour les soies de Syrie, entre 34 et 55 francs; pour les soies du Japon, entre 35 et 55 francs; pour les soies de Canton, entre 28 et 49 francs.

Notre importation de soies teintes est minime; l'exportation, en voie d'accroissement, a atteint 108,000 kilogrammes en 1900. Pendant les six dernières années, les soies envoyées à la teinture en France sous le régime de l'admission temporaire ont représenté des poids sans cesse grandissants; elles figuraient pour plus d'un million de kilogrammes à la statistique douanière de 1900.

En 1900, les bassines françaises ont eu à filer plus de 10 millions de kilogrammes de cocons (récolte française, déduction faite des

cocons réservés pour le grainage, 8,660,000 kilogrammes; cocons importés, 1,815,000 kilogrammes). Les chiffres afférents aux années 1898 et 1899 étaient 7,251,000 et 9,227,000 kilogrammes.

Sous l'action des droits de douane, les importations de soies ouvrées sont devenues presque nulles. Les sorties ont, au contraire, augmenté (420,000 kilogrammes en moyenne pour la période 1898-1900 et 485,000 kilogrammes en 1900).

Exploitée par un petit nombre de groupes puissants, la filature française de schappe est en mesure de produire, dans des conditions de parfaite exécution, une quantité très importante de filés. Son approvisionnement de peignés a été de 1,432,000 kilogrammes en 1898, 1,872,000 kilogrammes en 1899, 1,724,000 kilogrammes en 1900. Une forte part de la matière première vient de l'étranger.

Dans son rapport sur les soies et tissus de soie à l'Exposition de 1900, M. Piotet évalue ainsi la production en étoffes des principaux pays industriels :

Europe...	Allemagne.......	350,000,000 à 360,000,000 francs.
	Autriche-Hongrie .	80,000,000 à 90,000,000
	Espagne et Portugal...........	18,000,000 à 20,000,000
	France.........	600,000,000
	Italie..........	60,000,000 à 70,000,000
	Royaume-Uni....	70,000,000 à 80,000,000
	Russie..........	100,000,000 à 110,000,000
	Suisse..........	160,000,000 à 180,000,000
Amérique.	États-Unis......	380,000,000 à 400,000,000
Asie.....	Japon..........	150,000,000

La Commission permanente des valeurs de douane a donné les estimations que voici pour la production nationale des étoffes de soie proprement dites et pour la production stéphanoise de rubans, en 1899 et 1900 :

	I. Étoffes de soie.	1899. — francs.	1900. — francs.
Lyon et région lyonnaise.	Tissus de soie pure unis...	125,700,000	119,600,000
	Tissus de soie pure façonnés et brochés.......	23,900,000	20,800,000
	Tissus de soie mélangée unis..............	117,850,000	114,850,000

		1899.	1900.
		francs.	francs.
Lyon et région lyonnaise. (*Suite.*)	Tissus de soie mélangée, façonnés et brochés...	20,450,000	18,250,000
	Tissus de soie mélangée d'or ou d'argent......	5,100,000	6,300,000
	Tissus de bourre de soie et foulards............	56,000,000	52,900,000
	Tissus de bourrette pour ameublement........	1,500,000	1,200,000
	Gazes et grenadines......	5,500,000	6,000,000
	Crêpes, crêpes de Chine et mousselines.........	56,500,000	59,000,000
	Tulles et dentelles.......	22,000,000	24,500,000
	Broderies chimiques.....	500,000	950,000
	Passementeries de soie pure ou mélangée.....	16,000,000	17,000,000
	Totaux.............	451,000,000	441,350,000
Picardie et Saint-Étienne..............		7,505,000	7,375,000
Autres régions.....................		5,000,000	5,000,000
	Totaux.............	463,505,000	453,725,000

II. Rubans de Saint-Étienne.

		1899.	1900.
Saint-Étienne.	Rubans de soie pure unis.	25,095,000	18,999,000
	Rubans de soie pure façonnés................	6,294,000	5,207,000
	Rubans de soie mélangée unis...............	20,706,000	15,815,000
	Rubans de soie mélangée façonnés...........	8,462,000	8,048,500
	Cravates..............	267,000	287,000
	Rubans en velours de soie pure...............	2,516,000	2,612,000
	Rubans en velours de soie mélangée...........	12,911,000	17,005,000
	Articles divers (non compris les étoffes)......	6,665,000	4,580,500
	Totaux.............	82,916,000	72,554,000
Extra-muros......................		3,832,000	2,912,000
	Totaux.............	86,748,000	75,466,000

Il résulte des documents publiés par le Ministère du commerce et de l'industrie que la situation des divers États, au point de vue de leur commerce extérieur, se chiffrait comme il suit en 1900 :

	PAYS.	IMPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.		EXPORTATIONS EN MILLIONS DE FRANCS.	
		SOIES.	TISSUS.	SOIES.	TISSUS.
Europe......	Allemagne............	162,9	43,8	″	172,3
	Autriche-Hongrie.......	45,1	33,2	13,1	16,7
	Belgique..............	″	11,4	″	″
	Danemark............	″	5,3	″	″
	Espagne..............	11,3	13,6	″	1,2
	France...............	253,0	62,0	143,2	258,1
	Italie................	136,5	19,2	380,7	54,4
	Portugal..............	6,2		″	″
	Royaume-Uni..........	38,3	360,2	″	41,3
	Russie...............	34,8	7,2	″	″
	Suède...............	″	4,9	″	″
	Suisse...............	132,2	12,9	76,0	148,6
Afrique......	Égypte...............	4,4	14,9	″	″
Amérique....	Canada..............	20,1		″	″
	États-Unis............	234,8	157,3	″	″
Asie.........	Chine................	″	″	148,2	36,2
	Indes anglaises.........	14,1	27,7	17,6	4,3
	Japon................	″	″	124,0	58,2

Si, au lieu de s'en tenir à l'année 1900 pour la France, on envisage la moyenne de la période 1898-1900, les valeurs de l'importation et de l'exportation deviennent :

	IMPORTATIONS. — millions de fr.	EXPORTATIONS. — millions de fr.
Soie et bourre de soie...............	284,2	144,8
Fils de soie et de bourre de soie........	5,0	7,2
Tissus de soie et de bourre de soie......	59,4	262,3

Pendant la période de 1861 à 1870, nos ventes annuelles de tissus avaient atteint près de 420 millions. De 1871 à 1880, elles étaient descendues à 346 millions. Une baisse rapide les amenait à 245 millions en 1881. Elles ont oscillé depuis entre 210 et 300 millions.

Classés par nature d'articles, les principaux mouvements du commerce extérieur français en 1900 sont les suivants :

	IMPORTATIONS. — francs.	EXPORTATIONS. — francs.
Tissus de soie pure unis	38,613,000	75,122,000
Tissus de soie pure façonnés ou brochés	215,000	3,259,000
Tissus de soie mélangée	7,609,000	88,592,000
Gazes et crêpes de soie pure ou mélangée	5,438,000	3,850,000
Tulles de soie	2,049,000	19,241,000
Dentelles de soie ou de bourre de soie	38,000	19,745,000
Passementeries	1,354,000	4,503,000
Rubans de soie pure	2,081,000	11,875,000
Rubans de soie mélangée	1,301,000	25,928,000

Voici enfin, exprimée en millions de francs, la valeur des échanges de matière première et de tissus entre la France et les autres pays en 1898, 1899 et 1900 :

PAYS.		IMPORTATIONS.			EXPORTATIONS.		
		1898.	1899.	1900.	1898.	1899.	1900.
	SOIES.						
Europe	Allemagne	0,4	0,7	0,4	5,2	6,6	6,0
Europe	Espagne	2,2	2,3	2,4	3,2	6,6	5,9
Europe	Italie	42,2	45,6	33,4	51,4	87,2	47,2
Europe	Royaume-Uni	0,9	1,7	1,6	6,0	7,8	5,9
Europe	Russie	1,8	7,5	5,5	″	″	″
Europe	Suisse	3,2	5,3	5,4	45,8	19,3	51,3
Europe	Turquie	28,1	37,4	33,4	2,1	1,8	3,2
Amérique	États-Unis	″	″	″	2,5	4,7	10,3
Asie	Chine	113,3	200,1	127,5	″	″	″
Asie	Indes anglaises	3,4	7,1	8,5	″	″	″
Asie	Japon	35,7	58,7	26,8	″	″	″
	TISSUS DE SOIE.						
Europe	Allemagne	8,5	9,3	9,4	19,1	22,7	18,3
Europe	Belgique	″	″	″	11,9	10,5	12,2
Europe	Espagne	″	″	″	3,8	10,1	5,7
Europe	Royaume-Uni	11,0	12,3	10,3	129,1	134,8	115,3
Europe	Suisse	15,9	17,3	18,2	7,8	8,7	11,0
Europe	Turquie	″	″	″	4,9	6,5	6,0
Afrique	Égypte	″	″	″	3,4	4,0	5,4
Amérique	États-Unis	″	″	″	48,5	53,1	51,5
Asie	Chine	8,7	7,7	4,0	2,3	1,4	4,5
Asie	Indes anglaises	0,2	″	0,2	4,6	7,7	5,7
Asie	Japon	4,9	17.0	18,3	0,3	0,3	0,6

5. Dentelles, broderies et passementeries. — 1. *Dentelles.* — On sait que la *dentelle à la main* est un tissu à points clairs, dont le fond et les fleurs sont entièrement formés par la main de la dentellière. Le talent du dessinateur et l'habileté de l'ouvrière en créent toute la valeur; la matière première n'y entre que pour une part relativement minime. Certaines dentelles sont de véritables œuvres d'art.

Il existe deux genres de dentelles : la dentelle à l'aiguille et la dentelle aux fuseaux.

La dentelle à l'aiguille se fait à l'aide d'une simple aiguille et d'une feuille de papier ou de parchemin, reproduisant le dessin par la piqûre. On jette d'abord les fils du bâti, puis on y rattache des points plus ou moins compliqués. Les morceaux ainsi préparés sont ensuite réunis par des fils de couture se perdant le long des ornements du dessin.

Quant à la dentelle aux fuseaux, elle se fabrique sur un métier appelé carreau, oreiller ou coussin, et dont voici les dispositions générales. Une boîte de forme à peu près carrée, garnie et rembourrée extérieurement, présente en son milieu une ouverture dans laquelle tourne un cylindre rembourré, bien ferme. Sur ce cylindre, placé horizontalement de manière à déborder un peu l'ouverture, est fixé un parchemin ou une carte qu'on a préalablement piqué de trous d'épingle, suivant la nécessité du modèle. Pour l'exécution de la dentelle, l'ouvrière a une certaine quantité de fuseaux garnis de fils, qu'elle croise, tresse et enlace comme le commande le dessin. Des épingles plantées dans les trous de la piqûre, au fur et à mesure que l'ouvrage avance, servent de jalons et maintiennent le point. On peut, en tournant le cylindre, conduire le travail sans solution de continuité. Le métier, tel qu'il vient d'être décrit, comporte des variantes.

Des deux genres de dentelles, le premier est celui qui offre le plus de netteté, de fermeté et de richesse : la terminologie technique lui réserve spécialement le nom de point. La dentelle aux fuseaux a plus de souplesse, est plus vaporeuse et convient mieux aux gros cordonnets, à la soie et à l'or; le travail en est moins lent et moins coûteux.

Pendant la période de 1790 à 1801, la dentellerie française subit une crise redoutable et des pertes cruelles. Malgré de courageux efforts, la fabrique de Valenciennes disparut, et la Belgique recueillit

sa succession, mais sans jamais atteindre le même degré de perfection.

Après 1801, une reprise se manifesta non seulement dans les villes qui fabriquaient des dentelles à bas prix, comme Caen, Bayeux, Mirecourt, Le Puy et Arras, mais aussi à Alençon, à Chantilly, à Bruxelles (alors ville française). Les anciens dessins, très ouvragés, firent place à des genres plus clairs et plus légers, exigeant un travail moins prolongé. Napoléon Ier contribua pour une large part à cette résurrection; il chercha même, sans toutefois y réussir, à relever la fabrique de Valenciennes.

Arrêtée dans son essor par les événements de la fin du premier Empire, l'industrie de la dentelle eut ensuite à souffrir, vers 1820, de la concurrence du tulle bobin, dentelle à la mécanique de création récente. La ruine aurait été complète si les États-Unis d'Amérique n'avaient assuré un débouché nouveau aux produits de l'Auvergne et de la Lorraine. Tandis que la fabrication des dentelles périclitait, celle des blondes de soie, que les machines étaient impuissantes à produire, se développa au contraire en Normandie, et particulièrement à Caen.

En 1831, l'affaissement du prix des tulles ramena le goût des classes aisées vers la dentelle aux fuseaux. Ce retour de faveur permit à presque toutes nos fabriques d'échapper au désastre dont elles s'étaient vues menacées. Les tulles avaient anéanti la dentellerie anglaise dans les comtés de Bedford, d'Oxford, de Buckingham et de Devon; grâce à cette circonstance, les dentelles et les blondes françaises purent être avantageusement exportées au delà de la Manche. Chantilly, Bayeux et Caen réussirent à placer en Espagne beaucoup de blonde mate, blanche et noire; le Mexique et la Havane joignirent leur clientèle à celle des États-Unis de l'Amérique du Nord. Aux anciens articles de luxe succédèrent des articles moins chargés, à mailles plus larges et d'un prix plus accessible; le fil de coton commença à se substituer au fil de lin; une variété plus grande, des renouvellements plus fréquents s'introduisirent dans les dessins; la nouveauté et le cachet de distinction de nos produits les firent rechercher du monde entier.

Telle était la situation quand s'ouvrit à Londres l'Exposition internationale de 1851. Les principaux centres de la dentellerie française

se trouvaient alors à Alençon (point d'Alençon ou reine des dentelles), à Bailleul (point de Valenciennes), à Lille et Arras (dentelles blanches à fonds clairs), à Chantilly (dentelles et blondes), à Caen et Bayeux (dentelles et blondes; grandes pièces telles qu'aubes, dessus de lit, robes; mantilles espagnoles, mexicaines ou havanaises), à Mirecourt (dentelles blanches; applications de fleurs en dentelle sur tulle de Bruxelles; guipures analogues à celles d'Honiton en Angleterre), au Puy (dentelles blanches à fonds doubles et à fonds clairs; dentelles en soie noire). Seule la fabrique d'Alençon employait l'aiguille et se servait exclusivement de fil de lin, avec crin pour l'entourage des jours. On évaluait à 240,000 le nombre de nos dentellières, réparties dans 18 à 20 départements, et à 65 millions au moins notre production annuelle. Notre exposition fut admirable et affirma la supériorité de la France, supériorité due à l'intelligence des fabricants, à l'habileté des ouvrières, à la perfection et au fini du travail, à la beauté et au bon goût des dessins. La France n'avait d'autre rivale que la Belgique, dont les dentelles se ramenaient à six types : dentelles de Malines en fil fin, dentelles de Grammont en fils de coton ou de soie, dentelles de Bruxelles (application), dentelles dites *valenciennes*, point à l'aiguille et guipures de Bruges. On ne pouvait plus guère citer que pour mémoire la Suisse et l'Italie; à peine la fabrique du Danemark était-elle en reprise; les blondes d'Espagne, bien que présentant un certain cachet d'originalité, restaient loin en arrière des blondes de Bayeux ou de Chantilly; la Saxe et la Bohême avaient une fabrication assez importante, mais ne fournissaient que des dentelles communes et de médiocre qualité; enfin l'Angleterre, malgré son style particulier, péchait par le dessin et ne brillait réellement que dans les guipures au point d'Honiton, d'une vente difficile si ce n'est dans les grandes villes du Royaume-Uni. Le rapporteur français de l'Exposition estimait le nombre total des dentellières en Europe à 535,000 et le chiffre de la production à 130 millions de francs.

Une nouvelle crise extrêmement grave survint en 1875. Les progrès de la dentelle mécanique et les caprices de la mode compromettaient le sort de la dentelle à la main. Celle-ci put heureusement reprendre sa place dans l'ameublement et l'ornementation du linge de

table; le Puy, Mirecourt et la Belgique y trouvèrent un débouché précieux.

Vers 1878, la fabrication était à peu près monopolisée par la France et la Belgique. L'abandon des points fins, riches et solides du vieux temps et l'évolution vers des produits moins chers, mais remarquables cependant par le dessin, s'accusaient nettement. On constatait une tendance à chercher des inspirations dans l'art ancien, dans les types originaux du XVIIe et du XVIIIe siècle.

L'Exposition de 1889 montra une fois de plus l'incontestable supériorité des dentelles françaises. Paris restait le premier marché en même temps que le foyer du goût et le centre d'invention des dessins, pour l'étranger de même que pour la France. Nos seuls concurrents sérieux se rencontraient en Belgique. Une intéressante tentative de renaissance se manifestait à Venise; l'Angleterre faisait de louables efforts afin d'encourager la production des dentelles en Irlande (point à l'aiguille genre Venise et dentelles au crochet). M. Lefébure, rapporteur du jury, signalait comme une caractéristique de l'Exposition le succès des industriels qui, renonçant à se cantonner dans l'exploitation de quelques points classiques, avaient su retrouver les procédés anciens et produire des œuvres valant celles des grandes époques par la richesse du dessin, la variété des fonds et la perfection du travail; l'initiative de cette rénovation était tout à l'honneur de la fabrique française.

À la fin du XIXe siècle, l'industrie des dentelles à la main est apparue plus vivace qu'elle ne l'avait été depuis de longues années. Sans doute, elle doit lutter avec les dentelles à la mécanique, avec les broderies chimiques de Plauen et de Saint-Gall; sans doute, les fluctuations de la mode ne lui sont pas toujours propices. Mais elle arrive à vaincre les difficultés qui s'accumulent sur sa route. On ne saurait trop l'encourager, eu égard aux ressources qu'elle offre pour le travail à domicile des femmes et des jeunes filles dans les contrées agricoles. Sa vogue sert d'ailleurs les intérêts de la fabrication mécanique en portant les masses profondes d'acheteurs vers les imitations à la machine.

La France et la Belgique restent à la tête de la production; l'Italie s'est un peu relevée; dans la Grande-Bretagne, les guipures d'Irlande jouissent de la faveur du public. Nous gardons sans contredit la pre-

mière place au point de vue de la qualité et de la valeur artistique; les fabriques du Calvados, des Vosges, de la Haute-Saône et du Velay sont célèbres dans le monde entier.

Au cours des trois dernières années du siècle, l'importation moyenne en France a été de 7 millions de francs environ (provenances de Turquie, de Belgique, d'Angleterre), alors que l'exportation ne dépassait pas 1,585,000 francs. Mais l'écart apparent entre ces deux chiffres est loin de correspondre à la réalité. Paris constitue un grand marché de dentelles, et à l'exportation enregistrée par la douane s'ajoute une exportation invisible, soit dans les bagages des voyageurs, soit dans les colis de robes, d'articles de lingerie, etc.

Les indications précédemment données à propos du matériel de tissage me permettront d'être très bref en ce qui concerne les *tulles* et *dentelles mécaniques*.

Dès que Heathcoat eut perfectionné l'œuvre de Lindley et réalisé pratiquement la maille hexagonale du point de tulle, un véritable engouement se manifesta pour le tulle bobin. À Nottingham, la fabrication se développa dans des proportions inouïes. L'importation en France était prohibée; pourtant, Nottingham trouvait un débouché considérable sur le marché français, grâce à une prime de 30 ou 35 p. 100 servie aux contrebandiers.

Calais, petite ville sans capitaux, sans mécaniciens, sans ouvriers, ne craignit pas d'engager la lutte contre Nottingham, cité industrielle, riche, puissante, populeuse, dotée d'un matériel abondant, d'un personnel habile, d'une réputation universelle. Les Calaisiens y déployèrent une persévérance et un courage merveilleux. Ils n'avaient même pas la matière première, le coton retors filé n° 160 à 200 : car la filature française n'allait guère, en 1818, au delà du n° 70, et les cotons étrangers étaient prohibés; l'alimentation des métiers ne pouvait être assurée que par la contrebande, sur laquelle, d'ailleurs, le service des douanes fermait volontiers les yeux. Ce fut seulement en 1834 qu'une ordonnance royale leva l'interdit frappant les filés de coton au-dessus du n° 143 métrique.

En 1833, on estimait la consommation du tulle de coton sur le

territoire français à 25 millions de francs, dont moitié environ fournie par la production nationale; le surplus était introduit en fraude par la fabrique anglaise. D'après un rapport dû à Felkin de Nottingham et daté de 1835, il y avait alors en Europe 6,850 métiers fonctionnant soit à la vapeur, soit à la main, et donnant 30 millions de mètres carrés de tulle bobin. Sur ces 6,850 métiers, l'Angleterre en avait 5,000 et la France 1,585 (705 à Calais et Saint-Pierre; les autres à Boulogne, Saint-Omer, Douai, Lille, Saint-Quentin, Caen, Lyon).

Vers 1833-1834, on était parvenu à rompre l'uniformité du tissu par une petite mouche, formant semé et appelée *point d'esprit*. Cette innovation fit concevoir la possibilité de produire des dentelles à dessins variés. Le problème fut résolu par l'application du système Jacquard au métier à bobines.

Lors de l'Exposition universelle de 1851, Nottingham avait conservé ses avantages au point de vue du nombre des métiers (3,200), ainsi que de la matière première. Mais, en revanche, Calais et Saint-Pierre, qui ne possédaient pas 700 métiers, pouvaient revendiquer une incontestable supériorité artistique pour la variété des genres, la richesse des dessins et la finesse du tissu. Ils excellaient surtout dans les Neuville, les Malines, les platt fins et les platt ordinaires. Le yard carré (0 m. 91) de tulle bobin ne se vendait plus que 0 fr. 30, alors qu'en 1812 il avait valu 50 francs.

Jusqu'ici, je n'ai parlé que des tulles de coton. Avant de passer à la seconde moitié du siècle, il me reste à dire quelques mots des tulles de soie. Vers 1780, Lyon fournissait déjà un tissu tenant le milieu entre le tricot et le tulle. De 1782 à 1795, des améliorations furent apportées aux machines à bas et donnèrent naissance au métier à *cueillir,* qui produisit les premiers tulles de soie à mailles courantes, connus sous le nom de *tulles de Lyon*. Cette industrie prospérant, Nottingham tenta, mais sans succès, de faire des tulles de soie sur un métier appelé *upright-warp*. Le métier à la chaîne permit de livrer à la consommation plusieurs tulles nouveaux, tels que le tulle noué à mailles fixes, le tulle blonde, etc.

En 1823, Dognin importa à Lyon la première machine à bobines d'origine anglaise. Après avoir employé de belles et fortes soies grena-

dines en blanc et en noir, il eut recours à des soies fines et obtint le tulle *zéphir* ou tulle *illusion,* qui eut un immense succès. Les fabricants de tulles sur métiers à la chaîne, impuissants à lutter avec les machines à bobines pour les tulles unis, cherchèrent à produire des dessins façonnés, à l'aide de la roue ou moulin, puis de la jacquard, et purent mettre en circulation une grande variété d'articles, écharpes, voiles, châles, recherchés pour le bon goût des dessins et la nouveauté du genre, mais ne constituant que de lointaines imitations des dentelles de Chantilly.

Vers 1839, les produits jacquardés des métiers à la chaîne cédèrent la place à leurs similaires sur métiers à bobines. On réalisa le grillage et les jours de la dentelle aux fuseaux, et la véritable dentelle put être imitée mécaniquement avec beaucoup d'exactitude. Jourdan de Cambrai, qui prit des brevets pour cette nouvelle fabrication, commença par une dentelle blanche imitant celle de Bruxelles et passa ensuite aux dentelles noires. En 1851, Calais, Lille, Cambrai et Lyon faisaient un commerce important de dentelles en soie.

Les traités de 1860 exercèrent une influence salutaire sur la fabrique calaisienne, d'une part en obligeant les filateurs français à produire enfin les fils de coton nécessaires pour la dentelle mécanique, d'autre part en élevant dans une proportion considérable le chiffre des affaires avec l'Angleterre.

Saint-Pierre-lez-Calais avait, en 1867, environ 900 métiers, dont les trois quarts montés pour la soie et le surplus pour le coton; sa production était évaluée à 25 millions. Lyon, le centre le plus important pour les tulles de soie unis, brochés, brodés ou damassés, possédait 800 machines, et ses ventes annuelles pouvaient être estimées à 12 ou 15 millions. Nottingham, avec ses 3,000 métiers, fabriquait de nombreux articles valant de 40 à 50 millions.

Un dénombrement de 1870 comptait en France 782 métiers pour tulles de coton (Calais et Saint-Pierre, 479; Caudry, 147; Lille, 78; Saint-Quentin, 30; Roubaix, Douai, Beauvais, Inchy, Seclin, 47) et 1,079 métiers pour tulles de soie (Lyon, 550; Calais et Saint-Pierre, 478; Saint-Quentin, 30; Lille et Grand'Couronne, 21). À la même époque, l'Angleterre disposait de 2,520 métiers pour tulles de coton et 1,055 métiers pour tulles de soie.

Après 1878, un nouvel élément de concurrence, qui, auparavant, n'existait qu'en germe, a pris une importance menaçante pour Calais, Nottingham et les autres centres de fabrication des dentelles mécanique. Plauen (Saxe) et Saint-Gall (Suisse) sont parvenus à broder sur du tulle de coton et à produire des articles avec effets de jour se rapprochant beaucoup de la dentelle; ils avaient l'avantage d'une économie considérable sur les dépenses d'acquisition du matériel, sur les frais de mise en carte et de cartonnages, ainsi que sur les prix de façon. Le danger s'est encore aggravé par la découverte de procédés chimiques pour détruire le fond de la broderie. Cependant il n'y a eu là qu'une alerte : les produits de l'industrie naissante ont, pour une large part, trouvé des emplois spéciaux, en dehors de ceux auxquels étaient déjà affectés les articles fournis par les métiers Leavers.

Les fabriques de tulles et de dentelles mécaniques se sont maintenues, soumises sans doute à des alternatives et à des difficultés temporaires, mais poursuivant dans l'ensemble une brillante carrière. Saint-Pierre-lez-Calais notamment, jadis bourgade modeste, aujourd'hui cité populeuse annexée à Calais, disposait, en 1882, de 1,674 métiers (324 métiers à coton et 1,350 métiers à soie); en 1892, le nombre des machines était passé à 1,829, et, depuis, il s'est élevé à plus de 2,200. Les Calaisiens ne reculent devant aucun sacrifice pour perfectionner sans cesse leur outillage, pour varier et améliorer continuellement leurs dessins. Selon les circonstances, la valeur de leur production va de 50 à 80 millions; elle a dépassé 100 millions pendant la période 1879-1883.

Actuellement, les tulles unis de coton se font à Nottingham et, dans une moindre mesure, à Lille, Caudry, Plauen, Lyon; les tulles unis de soie, à Lyon et un peu à Nottingham; les imitations de dentelles, dans les divers centres ci-dessus énumérés. Lyon a, pour ainsi dire, le monopole de la voilette chenillée. Fidèle à son passé, la France garde une suprématie artistique incontestable.

Pendant les trois années 1898, 1899 et 1900, les tulles et dentelles mécaniques ont donné lieu à une importation moyenne de 11 millions et demi de francs et à une exportation de 75 mil-

lions. Parmi les principaux mouvements, il convient de citer les suivants :

IMPORTATION.

Dentelles et guipures de coton (Angleterre et Allemagne)	8,501,000 francs.
Tulles de soie (Angleterre)	2,613,000
Dentelles de soie	33,000
Tulles de coton unis	204,000

EXPORTATION.

Dentelles et guipures de coton (États-Unis, Belgique, Angleterre, etc.)	28,503,000
Tulles de soie (Angleterre, Allemagne, Belgique, États-Unis, etc.)	22,603,000
Dentelles de soie (Angleterre, etc.)	21,410,000
Tulles de coton unis (États-Unis, Angleterre, Allemagne, Belgique)	1,878,000

2. *Broderies.* — Parmi les divers genres de *broderie à la main,* on distingue la broderie pour vêtements ou broderie de fantaisie, la broderie d'art (française et européenne; japonaise; chinoise et indo-chinoise; etc.), la broderie d'or, la broderie blanche. Exclusivement appliquée au vêtement féminin, la broderie de fantaisie constitue une précieuse ressource entre les mains des habiles couturiers ou couturières. La broderie d'art sert à la décoration des tentures; elle transforme souvent en une œuvre artistique le fond même le plus grossier; ses combinaisons de dessins et de points varient avec le pays. C'est principalement dans l'ornementation des habits sacerdotaux et des bannières que s'emploie la broderie d'or; les perles fines peuvent y être associées au métal. Enfin la broderie blanche sur toile fine, batiste ou linon, s'adapte merveilleusement au beau linge de corps ou de maison.

Après une longue crise, de 1790 à 1802, la broderie française reprit son activité à partir de 1804. Nancy, qui avait vu disparaître son industrie, occupait, dès 1805, 4,000 à 5,000 ouvrières. Beaucoup de prisonniers de guerre internés en Lorraine entreprirent de broder des bandes ou des entre-deux et y déployèrent de l'habileté; 80 officiers espagnols travaillaient pour un seul établissement nancéen. On ne brodait alors que l'étoffe tendue sur un métier.

La période de 1815 à 1830 fut mauvaise. Mais, à partir de 1830, la broderie vit renaître et grandir son ancienne prospérité. En 1832, la demande avait atteint de telles proportions, surtout pour les articles à bas prix, que le procédé au métier disparut presque complètement et fit place au procédé à la main, beaucoup plus expéditif, beaucoup plus accessible à la généralité des ouvrières, moins propre en revanche à fournir des pièces fines et artistiques. Cette transformation hâtive nous suscita en Suisse une concurrence redoutable : nos voisins, qui jusqu'alors s'étaient à peu près uniquement occupés de la broderie au crochet et au passé pour articles d'ameublement, entreprirent la broderie fine au plumetis et adoptèrent le métier; les fabricants de Paris s'adressèrent à eux, leur fournirent des dessins et contribuèrent ainsi à accroître rapidement leur production. La France dut se hâter de revenir à l'emploi du métier. Nancy, Metz, Toul, les Vosges renouèrent les anciennes traditions.

Au milieu du siècle, Paris et Lyon constituaient deux centres de premier ordre pour les broderies autres que la broderie blanche; des ateliers parisiens sortait une multitude d'articles brodés au coton, à la soie, au fil d'or, d'argent, d'acier ou de cuivre, avec des perles, des cheveux, de la paille, etc.; ces ateliers produisaient depuis les toilettes les plus riches jusqu'aux plus menus objets, occupaient un personnel de 6,000 ouvrières et avaient un chiffre d'affaires de 10 millions. Quant à la broderie blanche au crochet ou à l'aiguille, au métier ou à la main, elle se fabriquait sur un grand nombre de points du territoire, à Nancy, Épinal, Metz, Toul, Mirecourt, Lunéville, Plombières, Fontenoy-le-Château, Lorquin, Darney, Saint-Mihiel, Vaucouleurs, Neufchâteau, Saint-Dié, Châteauroux, Alençon, Tarare, Caen, Le Puy, Lille, Cambrai, Saint-Quentin, etc. Au total, la fabrication française des divers genres de broderies engendrait un mouvement commercial de 35 à 45 millions.

La Suisse se plaçait en tête des pays étrangers. Introduite dans le canton d'Appenzell, à la fin du XVIIIe siècle, la broderie y avait rapidement progressé. D'abord limitée aux travaux de crochet, à longs points, pour rideaux, robes ou objets d'ameublement, la nouvelle industrie s'était bientôt étendue aux pièces faites sur le métier, tant à

Appenzell que dans le canton de Saint-Gall. L'exportation vers l'Angleterre et l'Amérique du Nord atteignait un chiffre fort élevé.

Une production très importante de broderies blanches au crochet ou à l'aiguille existait aussi dans la Saxe et le Wurtemberg. Au delà de la Manche, les régions de Glasgow (Écosse) et de Belfast (Irlande) fabriquaient, la première depuis 1770 et la seconde depuis 1780, des articles dont quelques-uns remarquables par leur beauté ou leur originalité; la broderie d'Écosse, extrêmement ouvragée, offrait beaucoup d'analogie avec l'ancienne guipure des Flandres; l'industrie britannique prenait une grande extension et réalisait de notables progrès, grâce à une instruction professionnelle bien entendue. Presque toutes les autres nations brodaient avec plus ou moins de succès.

M. Aubry, rapporteur à l'Exposition universelle de 1851, estimait le nombre total des ouvrières en Europe à 550,000, dont 150,000 pour la France, 180,000 pour la Grande-Bretagne, 40,000 pour la Suisse, 135,000 pour l'Autriche, le Zollverein et le Danemark, 30,000 pour l'Espagne, l'Italie, la Belgique, la Suède et la Russie. Il n'hésitait pas à proclamer la supériorité de la France, sinon au point de vue du prix, du moins au point de vue de la perfection du travail; le bon goût, la nouveauté, l'habileté des dessinateurs, l'intelligence des ouvrières mettaient Paris au-dessus de toute concurrence. Toutefois M. Aubry recommandait différentes améliorations, telles que l'usage exclusif du métier pour les objets fins, la substitution du tambour suisse à notre métier trop encombrant, un meilleur choix des intermédiaires, etc.

Pendant la seconde moitié du siècle, la broderie mécanique a pris une énorme extension et obligé la broderie manuelle à des efforts surhumains. Le travail à la main survit néanmoins et ne peut être remplacé pour certaines catégories d'ouvrages, qui doivent garder intact leur cachet d'art.

La France reste digne de son passé sous le rapport du goût, du sentiment artistique, de la composition du dessin. Nulle part, on ne déploie plus d'art et de talent qu'à Paris et à Lyon, pour les broderies de soie, d'argent et d'or destinées aux ornements d'église et aux uniformes; nulle part ailleurs qu'en France, on ne réalise plus de variété ni plus

de perfection dans les articles pour costumes féminins; les broderies blanches de Nancy et des Vosges sont remarquables par le choix des ornements légers qui en forment le thème et par la diversité de leurs points, plumetis, damassé, point d'armes, points à jour, fils tirés, points coupés, point d'échelle, etc.

À l'étranger, la Russie, la Hongrie, la Bosnie-Herzégovine traitent la broderie d'art ou la broderie d'or avec une attrayante originalité. Les Japonais, essentiellement artistes et créateurs, tirent de la nature, surtout de la fleur, des effets d'un charme ou d'une puissance incomparables, y déploient une virtuosité merveilleuse, font preuve d'une impeccable maîtrise. De leur côté, les Chinois et les Indo-Chinois, avec leurs fleurs, leurs poissons fantastiques, leurs personnages groupés en des scènes conventionnelles, arrivent à des effets d'un réel caractère; au lieu de fondre les nuances suivant la pratique japonaise, ils juxtaposent audacieusement les couleurs sans transition; leur habileté est grande dans l'emploi judicieux des soies et des teintes. L'Indo-Chine produit aussi des ouvrages rappelant le procédé des Japonais. D'autres pays encore affirment leurs mérites à des titres divers.

D'après M. Hénon, rapporteur du jury des dentelles, broderies et passementeries à l'Exposition de 1900, la *broderie mécanique* dispose du nombre de métiers suivant en Suisse, en Allemagne et en France :

	MÉTIERS	
	À LA MAIN.	À VAPEUR.
Suisse	15,620	2,260
Allemagne	3,200	3,600
France	2,500	250

Ailleurs, l'industrie est à ses débuts. La production française continue à progresser dans la région de Saint-Quentin. Plauen et Saint-Gall occupent le premier rang, l'un en Allemagne, l'autre en Suisse.

Faute d'ateliers bien organisés pour les manutentions chimiques et les traitements d'apprêt, nous restons tributaires de la Suisse et de la Saxe, en ce qui concerne les broderies chimiques. C'est de Suisse que

viennent les articles les plus beaux, les plus propres à éveiller par leur finesse et leur netteté l'illusion entière d'une vraie dentelle.

La valeur moyenne des importations en France pendant les années 1898, 1899 et 1900 a été: pour la broderie de coton à la main, de 91,000 francs; pour la broderie mécanique de coton, de 10,548,000 francs (provenances d'Allemagne et de Suisse); pour la broderie de soie à la main ou mécanique, de 1,352,000 francs (provenances de Suisse, d'Allemagne, de Chine, du Japon, de Turquie).

D'autre part, les statistiques de la douane ont enregistré les chiffres d'exportation ci-après : broderies de coton à la main ou à la mécanique, 8,510,000 francs (à destination de l'Angleterre, des États-Unis, de l'Espagne et de la Belgique); broderies de soie, 953,000 francs (Angleterre).

3. *Passementeries.* — Bien vaste est le domaine de la passementerie: il va des équipements militaires, des costumes civils officiels et des ornements d'église aux modes et nouveautés pour dames, aux vêtements d'homme, aux livrées, à l'ameublement, à la carrosserie; il comprend les épaulettes, les dragonnes, les ceinturons, les brandebourgs, les galons, les franges, les tresses, les soutaches, les ganses, les cordons, les lacets, les cordelières, les lézardes, les glands, les bandes, les appliques, les chenilles, les sangles et cette multitude d'objets que l'on désigne du nom générique d'agréments.

Les passementiers emploient, outre la laine, le mohair, l'alpaga, la soie, le coton, la ramie, le crin, le jais, la nacre, les perles, la gélatine, les métaux, etc. Ils consomment beaucoup de fils d'or et d'argent. Nos filés métalliques jouissent d'une réputation universelle. Rien n'est plus beau ni plus correct que les bouillons, les cannetilles, les milanaises, les cordonnets, les torsades et les paillettes sortant des ateliers parisiens.

Ici encore, se trouvent côte à côte le travail manuel et le travail mécanique. À la main sont réservés les ouvrages soignés qui exigent l'emploi de l'aiguille, comme la plupart des agréments, ainsi que les ouvrages à l'établi, par exemple les épaulettes et les glands. À la ma-

chine appartiennent les galons, les lacets, les tresses, les cordons, les soutaches.

Les principaux mouvements d'importation et d'exportation, pendant la période 1898-1900, ont été:

IMPORTATION.

Passementerie et rubanerie de laine (Allemagne)..	1,565,000 francs.
Passementerie de soie (Allemagne, Suisse)......	1,349,000
Passementerie d'or ou d'argent...............	70,000
Passementerie de coton (Allemagne, Suisse).....	255,000

EXPORTATION.

Passementerie et rubanerie de laine (Angleterre, Espagne, Allemagne).....................	4,057,000
Passementerie de soie (Angleterre, Belgique, États-Unis, Portugal, Espagne)..................	3,410,000
Passementerie d'or ou d'argent (Angleterre, États-Unis)................................	1,388,000
Passementerie de coton (Angleterre, Belgique, Turquie)..............................	5,847,000

Nos sorties ont éprouvé une chute profonde : elles avaient atteint près de 33 millions de francs en 1884, pour la passementerie de laine, et près de 19 millions en moyenne durant la période 1861-1870, pour la passementerie de soie. La plupart des pays qui nous offraient des débouchés sont devenus producteurs. Des concurrences redoutables se sont d'ailleurs dressées en face de la France. Un vif essor a été notamment imprimé à l'industrie allemande, dont Barmen constitue l'un des sièges les plus réputés.

§ 6. HABILLEMENT DES DEUX SEXES.

1. Observations générales. — Les branches de production se rattachant à l'habillement des deux sexes ont une importance exceptionnelle. Elles correspondent à un chiffre d'affaires de 2 milliards à 2 milliards et demi, dont 350 millions pour l'exportation.

On sait l'extrême variété des costumes nationaux, dans la première moitié du siècle. La fabrication était alors localisée; il n'existait pas de grands ateliers; la solidité des étoffes et la stabilité relative de la mode; du moins pour les masses profondes du peuple, assuraient au vêtement une longue durée, et il n'était pas rare de voir certains habits se transmettre dans les familles du père au fils, de l'aîné aux cadets.

Le développement des voies de communication, l'accroissement et la diffusion du bien-être, la substitution du travail mécanique au travail manuel, provoquèrent une véritable révolution en unifiant le costume. Aux petits producteurs se juxtaposa la grande industrie de l'habillement.

Déjà constatée à Londres en 1851, la supériorité française s'affirma à Paris en 1855. C'est d'ailleurs de cette époque que date l'entrée définitive de la machine à coudre dans le domaine des applications pratiques. Depuis, les Expositions universelles successives ont attesté les progrès incessants et l'extension continue de l'outillage mécanique, en même temps qu'elles montraient les grandes maisons plus nombreuses et plus puissantes : certains établissements de l'ancien et du nouveau monde occupent aujourd'hui des milliers d'ouvriers, et leur production se chiffre par millions.

Les traités de commerce de 1860 ont été extrêmement favorables à l'essor de l'industrie française, qui, de 1865 à 1870, a joui d'une prospérité sans égale. Malheureusement, les événements de 1870-1871 déterminèrent une crise prolongée, firent passer à l'étranger un assez grand nombre d'ouvriers parisiens et favorisèrent la création d'industries rivales dans d'autres pays. Lors de la reprise des affaires, il y eut bientôt surproduction, et nos fabricants traversèrent une nouvelle période de malaise. Parmi les nations concurrentes, l'une des plus

redoutables était l'Allemagne qui copiait les modèles français, imitait ses tissus et, grâce à sa main-d'œuvre économique, livrait à bon marché des articles d'apparence satisfaisante, sinon d'un fini et d'un goût irréprochables.

En présence du danger, nos industriels transformèrent leur outillage et leurs procédés. Ils ne tardèrent pas à se ressaisir complètement. La France garda sa prééminence incontestée dans les articles de choix et put soutenir victorieusement la lutte, pour les articles ordinaires, contre les Anglais, les Allemands, les Autrichiens.

2. Vêtements d'homme. — L'avènement du XIXe siècle, au lendemain du Directoire, a marqué pour l'homme l'abandon de la parure, qui est restée le monopole exclusif de la femme. À la fin de 1800, les jeunes gens des villes se contentaient déjà du frac écourté à boutons en métal, du chapeau rond à larges bords et de la culotte courte avec bas blancs ou du pantalon large avec bottes à la russe. Peu à peu, la sobriété s'est accentuée pour conduire à l'habillement banal et sévère de nos jours. Toutes les tentatives faites dans le but de revenir à des costumes plus riches ont échoué.

Au début du siècle, les entraves du régime douanier empêchaient de recourir à des matières étrangères et limitaient les débouchés à ceux du marché intérieur.

Il n'y avait alors que des tailleurs proprement dits, c'est-à-dire des fabricants de détail, faisant sur mesure et alimentant les classes aisées; dans les ménages bourgeois et ouvriers, la maîtresse de maison confectionnait souvent elle-même les effets destinés aux membres de la famille; les pauvres gens se fournissaient chez les fripiers. En 1826, Parissot fonda à Paris le premier établissement de confection, celui de la Belle-Jardinière. Cet établissement et quelques autres, qui le suivirent de près, eurent des débuts modestes et pénibles; confinés d'abord dans les articles consommés par la classe ouvrière, ils éprouvèrent les plus grosses difficultés pour joindre à leur fabrication celle du costume bourgeois. Vers 1850, diverses circonstances vinrent modifier la situation; à partir de cette époque, le travail sur mesure ne cessa de perdre du terrain. Bientôt les traités de 1860, favorables tout à la fois à

l'approvisionnement des matières premières d'un prix modique et à l'expansion de nos produits sur les marchés étrangers, les perfectionnements apportés à l'outillage, aux procédés, aux méthodes d'exploitation commerciale, l'adjonction d'ateliers sur mesure aux ateliers de confection, les progrès de la coupe, le fini plus satisfaisant de l'exécution élargirent le cercle d'opérations des confectionneurs, dont l'action s'étendit progressivement aux villes de second ordre, aux campagnes, et rayonna même par delà nos frontières.

Dès 1867, l'industrie de la confection avait conquis une place considérable; elle refoulait de plus en plus celle des tailleurs sur mesure, dont les affaires étaient limitées et qui devaient payer à un prix supérieur leurs matières premières, subir des mortes saisons, donner dès lors à leurs ouvriers un salaire plus élevé, se pourvoir d'un stock de marchandises dépassant leur débit, accorder aux acheteurs d'interminables crédits. Ce n'est point à dire que la production annuelle des tailleurs ne se fût pas accrue, grâce à l'augmentation générale du bien-être et au prestige de la fabrication française; mais les confectionneurs avaient marché d'un pas bien plus rapide.

Vers 1869, la concurrence des Anglais, des Belges et des Autrichiens, jointe aux mesures de protection prises par les Américains, engendra pour la confection un état de malaise, que la guerre de 1870 transforma en une véritable crise. Depuis, la situation s'est heureusement modifiée.

Les tailleurs, dont le nombre continue à décroître, se divisent en trois catégories : 1° les grands tailleurs parisiens, qui, par l'originalité de leurs créations, l'habileté de la coupe, la qualité des tissus, la perfection de la main-d'œuvre, le bon goût et l'élégance des produits, accaparent la clientèle de luxe de la capitale et de la province, et fournissent même beaucoup d'étrangers; 2° ceux qui habillent la bourgeoisie de Paris et de la province, et livrent à plus bas prix des vêtements très soignés; 3° enfin les petits tailleurs habillant la bourgeoisie modeste et travaillant en beaucoup de cas à façon. Une concurrence peu justifiée et sans doute passagère est faite actuellement par les maisons dites *anglaises* aux tailleurs des deux premières catégories, surtout à ceux de la seconde, qu'atteint également l'adjonction d'ateliers sur

mesure aux établissements de confection en gros. Quant aux petits tailleurs, ils deviennent de plus en plus rares. Certains tailleurs se consacrent à des spécialités, notamment à celle des uniformes d'officiers ou de fonctionnaires; la France jouit, pour ces uniformes, d'une réputation universelle et bien méritée. Si les tailleurs sur mesure ont souffert de la fabrication en gros, on doit reconnaître qu'ils n'en rendent pas moins encore de réels services, parmi lesquels celui de stimuler les confectionneurs et de leur donner de bons modèles.

Aujourd'hui, les confectionneurs habillent directement ou indirectement plus des deux tiers de la population masculine du pays et leur chiffre d'affaires doit dépasser celui des tailleurs sur mesure. Ils se répartissent en deux groupes principaux, dont les pénétrations réciproques sont d'ailleurs fréquentes : le premier groupe comprend ceux qui font les habits d'ouvriers, et le second ceux qui font les articles de qualité moyenne ou soignée. Les maisons relevant du premier groupe ont leurs centres les plus importants à Lille, Amiens, Rouen, Paris. Celles du second groupe se trouvent à Paris, à Lyon et dans d'autres villes; elles se multiplient peu à peu et gagnent des localités de plus en plus petites; la plupart ont des ateliers sur mesure, dont l'exploitation leur assure un supplément de revenus et les relève aux yeux du public; quelques-unes travaillent exclusivement pour la France, d'autres pour l'étranger seulement, les autres pour la France et l'étranger. Il existe des établissements consacrés d'une manière spéciale au costume d'enfant : cet article, qui s'use en peu de temps et doit être renouvelé à de courts intervalles, est à peu près monopolisé par la confection. Mentionnons encore, comme relevant dans une large mesure de l'industrie des confectionneurs, l'uniforme militaire des troupes, les livrées, les costumes de chasse, les costumes de sport auxquels l'automobilisme a donné tant de développement vers la fin du siècle.

Parmi les nombreuses matières qui servent au vêtement de l'homme, le drap tient la première place. Il représente en quantité la moitié au moins et en valeur les trois quarts de la consommation totale. À côté des draps de laine pure, on fait des draps de laine et coton, pour remplacer les toiles et cotonnades. Nos fabricants sont parvenus à créer une infinie variété d'étoffes, dont la plupart se recommandent

par leur prix peu élevé, leur bel aspect, leur élégance, l'ingénieuse combinaison des couleurs et des dessins.

Le personnel ouvrier comprend des coupeurs préposés à la taille, des appiéceurs chargés de l'assemblage et du finissage, des pompiers appelés à effectuer les retouches. Dans certains établissements de confection, la division du travail est poussée plus loin. L'élément masculin forme environ la moitié du contingent; mais la proportion de l'élément féminin tend à s'accroître. Jadis, la France occupait beaucoup d'étrangers, surtout des coupeurs allemands et autrichiens: maintenant, elle se suffit presque à elle-même; néanmoins les ateliers de Paris comptent encore d'assez nombreux ouvriers anglais ou allemands, dont la présence se justifie par les exigences de la clientèle internationale; Lille emploie des Belges.

En général, le recrutement des coupeurs est difficile. Quelques-uns doivent être de véritables artistes. Tous ont besoin de goût, d'habileté manuelle, d'esprit inventif. Un bon enseignement professionnel serait extrêmement utile.

Parmi les ouvriers du vêtement, les uns travaillent chez le patron (coupeurs et pompiers), les autres à domicile (appiéceurs). Dans quelques branches de la confection, les chefs d'établissement ou les intermédiaires ont dû, par suite de la division du travail, réunir tout leur personnel en de vastes ateliers.

Le personnel est payé tantôt à l'heure, tantôt à la journée, tantôt aux pièces. Exceptionnellement, des coupeurs sont rétribués au mois ou à l'année. Au cours du siècle et surtout pendant la seconde moitié, le taux des salaires a subi une marche ascendante : cet accroissement a été, pour une certaine part, la suite de grèves successives; les interruptions de travail menacent principalement les tailleurs sur mesure, qui n'ont et ne peuvent avoir d'approvisionnements.

Chaque année amène des mortes saisons et des chômages périodiques, sinon pour les confectionneurs, du moins pour les tailleurs sur mesure.

Des efforts très louables ont été poursuivis en vue d'améliorer le sort des ouvriers par l'organisation méthodique de la prévoyance, par des institutions telles que caisses de secours, de secours mutuels, de

retraite. Sans méconnaître la difficulté de l'entreprise, les philanthropes sont unanimes à souhaiter une extension de la mutualité.

Notre importation annuelle moyenne, pendant la période triennale 1898-1900, a été de 1,404,000 francs seulement, tandis que l'exportation atteignait 20,733,000 francs. La France réalise quelques achats en Angleterre, en Belgique et en Allemagne. Ses clients sont l'Algérie, la Chine, Madagascar, l'Angleterre, la Tunisie, l'Indo-Chine, le Sénégal, le Chili, la Martinique, le Brésil, la Belgique, la République Argentine, les États-Unis, etc.

3. Vêtements de femme. — Quand s'ouvrit le XIXe siècle, l'anglomanie, alors poussée à un haut degré, avait corrigé l'audace des merveilleuses. De la même époque date l'avènement du châle, qui fut importé de l'Orient lors de l'expédition d'Égypte.

Sous l'Empire, le costume de la femme, tout adhérent qu'il fût, était moins osé que celui du Directoire; le goût pour l'antiquité régnait alors en souverain maître. La Restauration hérita de ce goût, mais allongea progressivement la taille et lui rendit, vers 1820, ses proportions normales; le corset rentra en faveur; des manches bouffantes, empruntées à la Renaissance, formèrent une sorte de contrepoids à l'échafaudage de la coiffure; on doit aussi à la Restauration la blouse et le boa. Tout en acceptant les modes qui lui avaient été transmises, l'élégante de l'âge romantique y ajouta un cachet personnel. Les lionnes de 1840 voulurent réagir contre la sentimentalité du romantisme; tandis que les manches se dégonflaient, le bas de la robe prenait plus d'ampleur, soit par la superposition de volants, soit par l'emploi de crinolines, renouvelées des anciens paniers; le costume s'agrémentait d'une mantille, d'un mantelet, d'une pelisse ou plutôt d'une écharpe. Mal inspiré, le second Empire augmenta encore la crinoline, lui attribua un volume ridicule; des étoffes pesantes, de lourdes passementeries, des manches à pagodes aggravaient l'allure disgracieuse du costume.

Après 1870, nous sommes entrés dans une période de goût plus simple, plus pur et plus affiné. Cette période se caractérise moins par l'esprit inventif que par l'érudition. Mais, si la femme glane dans le

passé, elle le fait avec discernement, témoigne de beaucoup d'originalité individuelle et sait imprimer à ses toilettes un véritable cachet de distinction.

L'un des faits les plus marquants du siècle a été la création de l'industrie des vêtements confectionnés. Née des mêmes causes que la confection pour hommes, la confection pour femmes est apparue vers 1840. En 1847, un fabricant parisien monta, le premier, une maison importante qui eut un développement rapide; d'autres négociants suivirent bientôt son exemple. Grâce aux facilités résultant des conventions commerciales de 1860 pour l'achat des matières premières et l'écoulement des produits, la nouvelle industrie prit un essor merveilleux; lors de l'Exposition de 1867, elle avait déjà à Paris un mouvement d'affaires de 55 millions (supérieur de 15 millions à celui des couturières) et envoyait ses produits dans tous les pays, notamment en Angleterre et en Amérique.

Sur ces entrefaites éclata la funeste guerre de 1870. Les Anglais et les Américains portèrent leurs commandes à Berlin. Outillés pour une fabrication à très bas prix, les Berlinois gardèrent la clientèle que leur avaient apportée nos infortunes et envahirent même le marché parisien. Un instant, on put redouter l'anéantissement complet de notre industrie de la confection. Il fallut des prodiges d'énergie et d'initiative, des modifications profondes dans l'outillage et les procédés de travail, des efforts considérables dans la production des étoffes à bon marché, pour refouler l'invasion allemande, reconquérir le marché français et reprendre pied à l'extérieur. Le mauvais pas a été heureusement franchi. Néanmoins l'Allemagne est restée une rivale redoutable, en particulier pour les vêtements d'hiver : vers 1900, son exportation de vêtements dépassait 160 millions de francs.

Actuellement, l'industrie des vêtements sur mesure se répartit entre les couturiers, les couturières et certains spécialistes.

Les couturiers ne datent que de la seconde moitié du siècle. Dusautoy, rapporteur du jury de 1867, après avoir rappelé les motifs «de bienséance et de pudeur» qui avaient décidé Louis XIV à briser le monopole des tailleurs, s'étonnait de voir les hommes présider de nouveau à la toilette des femmes du plus grand monde, devenir ar-

bitres de la mode, chiffonner de la gaze, placer des rubans et des fleurs sur le corsage d'une robe. Il exprimait l'espoir que ce caprice serait éphémère. Ses prévisions ne se sont pas réalisées; on ne peut méconnaître d'ailleurs que le sexe fort ait montré un remarquable esprit d'invention, substitué le progrès à la routine et donné à la profession une haute valeur artistique. C'est à Paris que se sont réunis tous les couturiers; ils créent non seulement les modèles, mais pour ainsi dire chaque costume. Rien de plus complexe ni de plus savant que leurs opérations; celui qui s'attacherait à leurs pas les verrait étudiant avec passion l'histoire du passé, visitant les musées de France et de l'étranger, fouillant les collections d'estampes, inventant les tissus, traçant des croquis d'ajustements, habillant des mannequins, puis des ouvrières, corrigeant sans cesse leur œuvre jusqu'à ce qu'elle soit parfaite, variant les combinaisons pour chaque cliente. À la prise des mesures par la grande première succèdent les travaux du coupeur ou de la coupeuse, de l'apprêteuse, de l'ouvrière aux corsages, de l'ouvrière aux jupes, de la manchière, de la garnisseuse, etc.; des essayages permettent de rectifier les défauts et d'assurer l'adaptation impeccable du vêtement au corps de la cliente. Tout se fait chez le couturier, sauf quelques travaux très simples, n'exigeant pas une surveillance assidue et susceptibles d'être confiés à des entrepreneurs ou à des entrepreneuses. A peine est-il besoin de dire que tant de soins doivent se payer : telle grande première reçoit des émoluments comparables à ceux d'un ténor d'opéra. La robe la plus modeste ne coûte pas moins de 500 francs; le prix des robes de cérémonie atteint et dépasse parfois 20,000 francs. Nos couturiers ont des clients sur tous les points de l'Europe et de l'Amérique; le chiffre de leurs affaires est évalué à 40 millions par an; ils dirigent la mode, élèvent le niveau du goût, font prévaloir partout l'influence de l'industrie française.

À côté et presque sur la même ligne que les couturiers, on compte un petit nombre de grandes couturières, produisant surtout des toilettes de ville ou de soirée.

Ensuite viennent les maisons de deuxième ordre, occupant en moyenne de 25 à 50 ouvrières, habillant la bourgeoisie aisée de Paris et des grandes villes, livrant des costumes élégants et soignés, pré-

sentant dans un cadre plus restreint une organisation de même nature que celle des couturiers, recourant davantage à la façon au dehors. Les maisons de troisième ordre, dont le personnel se compose de 20 ouvrières au plus, mettent en œuvre les étoffes que les clientes leur apportent; elles ont une organisation beaucoup plus modeste. Quant aux ouvrières à la journée, elles sont chaque jour plus rares, surtout à Paris.

Le groupe des spécialistes comprend les fabricants de costumes de sport, les tailleurs pour dames, les fabricants de manteaux.

Passons maintenant aux maisons de confection. Certaines d'entre elles produisent le vêtement riche, d'autres le vêtement demi-riche, d'autres encore le vêtement à bon marché; ces trois catégories de vêtements sont souvent réunies dans les grands magasins de nouveautés. À l'article confectionné peut être joint l'article mi-confectionné, que la clientèle achève à son gré et qui, naguère encore, avait du succès en province. Tantôt les établissements de confection travaillent exclusivement pour l'exportation; tantôt ils travaillent aussi pour la France et ont alors des magasins de vente au détail.

L'industrie de la confection s'est surtout développée à Paris; elle possède cependant de nombreuses maisons en province. Ses installations sont en général sommaires; sauf la coupe, l'ouvrage est fait par les soins d'entrepreneurs ou d'entrepreneuses, qui le confient soit à des ateliers, soit à des ouvrières travaillant chez elles isolément ou avec quelques auxiliaires. L'existence des petits ateliers constitue un bienfait pour la classe laborieuse; les machines à coudre, à plisser, à broder, à soutacher, occupent du reste si peu de place, qu'elles ont accès dans le plus modeste logis.

À la fabrication des vêtements confectionnés se rattache celle des modèles pour confection. Des maisons parisiennes pratiquent cette spécialité. Les modèles peuvent être livrés, non en grandeur naturelle, mais sous forme d'habillements de poupées : cet expédient fut jadis employé, à l'époque où la France était enveloppée d'une barrière infranchissable; encore soulevait-il de grosses difficultés, si l'on en juge d'après les négociations gravement engagées entre les cabinets de Versailles et de Saint-James, pour la délivrance d'un sauf-conduit en

faveur d'une poupée qui devait porter au delà du détroit la dernière mode de la cour de France. Sur l'initiative d'un comité de défense, des mesures ont été récemment concertées entre les maisons de couture et de confection, afin de limiter la concurrence étrangère, parfois déloyale, à laquelle donnaient lieu les ventes prématurées des modèles et le défaut de marques assurant l'authenticité des créations parisiennes.

La production française se distingue entre toutes par la beauté de la coupe, la grâce, la qualité des tissus, le fini du travail. Ses mérites sont universellement reconnus. Certains concurrents du dehors n'hésitent même pas à lui rendre hommage en vendant de prétendus modèles français exécutés à l'imitation des dernières conceptions parisiennes.

On constate dans les tissus mis en œuvre une diversité prodigieuse, une mobilité continue qui leur a valu la désignation bien caractéristique de nouveautés. À chaque saison, l'étoffe dominante change selon les caprices de la mode; néanmoins, d'une manière générale, ce sont les lainages qui tiennent la plus large place; les cotonnades ont aussi un rôle considérable.

Bien que soumis à des vicissitudes, le rôle des fournitures accessoires dans le costume féminin reste toujours fort étendu. On voit se multiplier les agréments de tout genre, de toute forme et de toute couleur, les passementeries, les broderies, les dentelles, les rubans, les fleurs, les plumes.

C'est l'élément féminin qui forme presque exclusivement le personnel ouvrier. La proportion des étrangers demeure partout insignifiante, sauf dans les départements frontières. Grâce à la préparation que les jeunes filles reçoivent sur les bancs de l'école primaire ou dans leur famille, au goût naturel de la femme française, à son instinct de l'élégance, à son intelligence, à son esprit inventif, aux facilités que donne le travail à domicile, le recrutement se fait sans peine. Les patrons n'ont pas jugé nécessaire de ressusciter l'apprentissage; mais il existe à Paris et en province des établissements d'éducation professionnelle.

Pour la plupart des ouvrières, le travail est intermittent, et le

nombre des journées de travail ne dépasse pas 200 en moyenne par an. Alors que les confectionneurs de vêtements d'homme peuvent se soustraire, en partie, aux chômages périodiques, les confectionneurs de vêtements féminins, comme les couturiers et les couturières, subissent ces chômages dans toute leur rigueur; l'instabilité de la mode ne se prête pas aux stocks constitués par avance. Il y a lieu toutefois de remarquer que les périodes de travail intensif pour la confection ne coïncident point avec celles de la couture et que, par suite, des échanges temporaires de personnel ont lieu entre ces deux branches d'industrie.

La mobilité du personnel, le peu de rapports des patrons avec les ouvriers, le cercle étroit dans lequel se meuvent les entrepreneurs sont autant d'obstacles à l'épanouissement des institutions philanthropiques. Quelques œuvres d'assistance ou de mutualité ont, pourtant, été créées et continuent à vivre.

Au cours des trois années 1898, 1899 et 1900, notre importation de vêtements féminins n'a pas dépassé une moyenne de 1,908,000 fr.; les pays de provenance sont l'Allemagne, l'Angleterre, la Suisse, la Belgique. Notre exportation, principalement dirigée vers l'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique, la République Argentine, le Brésil, l'Espagne, s'est élevée à 75 millions et demi. De 1871 à 1880, les sorties de vêtements des deux sexes n'atteignaient que 33,500,000 fr.

4. Chapellerie. — La fabrication du *chapeau de feutre* était très limitée au début du siècle : eu égard au prix élevé de cette coiffure, la plupart des consommateurs lui préféraient le chapeau en laine et poil de chèvre mélangés, ainsi que les bonnets et casquettes en étoffe. Vers 1840, la production commença à se developper; en 1850, elle avait acquis une réelle importance. À cette époque, le travail était encore manuel et l'outillage des plus rudimentaires; toutes les manipulations restaient concentrées entre les mains d'un même ouvrier, qui arrivait à confectionner en moyenne deux chapeaux par jour; la profession exigeait un apprentissage prolongé.

Bientôt, les procédés se transformèrent par l'introduction progressive des machines. Grâce à ce changement et aux traités de 1860, l'indu-

strie du chapeau de feutre prit beaucoup d'extension pendant la période de 1855 à 1867. Jusqu'en 1864, Paris constituait un vaste entrepôt où venaient se réunir et se finir les articles fabriqués en province; les approvisionnements y présentaient une extrême variété; nous exportions en Europe, aux États-Unis, dans toute l'Amérique du Sud et quelque peu dans les pays d'Orient. L'Exposition de 1867 trouva la fabrique française en pleine prospérité; un mouvement de décentralisation commençait d'ailleurs à se dessiner. Malheureusement, la guerre de 1870 nous suscita de vives concurrences; après une courte reprise, ces concurrences, la surproduction qui en résultait, enfin la création de manufactures dans des régions antérieurement tributaires de la France, provoquèrent un malaise persistant. Le chapeau de feutre allait en outre avoir à supporter une lutte difficile contre le chapeau de laine, dont la fabrication avait fait de remarquables progrès. Néanmoins nos industriels se défendirent courageusement, ne reculèrent devant aucun sacrifice pour l'amélioration de leur outillage et tinrent une place très honorable aux Expositions de 1878 et de 1889.

L'Exposition universelle de 1900 a montré le degré de perfection et de bon marché auquel est parvenue la production nationale. Nos fabricants ont le matériel le plus complet et le meilleur, sont des teinturiers émérites et cependant résistent avec peine aux assauts de la concurrence qui les enserre.

Une des caractéristiques de la période contemporaine est l'entrée définitive du mat dans la mode.

Actuellement, notre industrie n'emploie plus guère que les poils de lapin et de lièvre. Son personnel ouvrier se compose d'hommes et de femmes, en nombre à peu près égal.

Pour la confection des *chapeaux de laine,* on se sert presque uniquement de laines d'agneau ou de déchets fournis par les peignages de laine.

Avant 1850, les chapeaux étaient généralement noirs, épais et lourds; la fabrication en gros n'avait pas encore été organisée. Vers 1855, le chapeau devint plus souple et plus léger; les nuances se

IMPRIMERIE NATIONALE.

multiplièrent. D'importantes manufactures s'installaient sur divers points du territoire. Deux ans plus tard, les machines commencèrent à apparaître en France; le travail mécanique élimina peu à peu le travail manuel. L'industrie se développa graduellement de 1865 à 1880; ses produits, d'un prix modique, refoulaient la casquette et le chapeau de feutre de poil. À partir de 1880, nous eûmes à subir la concurrence de divers pays, en particulier de l'Allemagne. La surproduction en Europe créa une situation pénible, imposant à nos industriels de vigoureux efforts. Ces efforts ont abouti à de grands progrès; le bilan du commerce extérieur français est redevenu assez satisfaisant.

L'élément féminin entre pour 35 à 40 p. 100 dans le personnel ouvrier.

Parmi les *chapeaux de paille*, on distingue les chapeaux tressés d'une pièce et les chapeaux formés de tresses réunies par une couture. La plupart des chapeaux tressés d'une pièce nous viennent de Chine, des Indes hollandaises, etc., et subissent en France une transformation avant d'être mis en vente; cependant nous fabriquons des chapeaux de latanier ou palmier, des panamas, etc. Quant aux chapeaux de tresses réunies par une couture, ils se subdivisent en chapeaux à couture apparente ou chapeaux cousus et en chapeaux remmaillés : ce sont les articles cousus qui occupent la plus large place dans notre production; les tresses viennent d'ailleurs en grande partie de l'étranger, notamment de l'Angleterre, de la Chine, de l'Italie, de la Suisse.

À d'autres points de vue, les chapeaux de paille se répartissent en chapeaux pour dames, chapeaux pour hommes et chapeaux pour enfants, ou encore en articles de haute mode et articles de grand courant.

Jadis, l'industrie des chapeaux de paille était très disséminée; il existait toutefois quelques centres importants dans l'Isère, dans le Tarn-et-Garonne, à Paris, à Nancy et à Lyon. Vers 1840, naquit à Strasbourg et dans la Lorraine aujourd'hui allemande la fabrication du chapeau de latanier ou palmier, qui prit rapidement de l'extension

et à laquelle s'adjoignit bientôt celle du panama. À cette époque, Paris constituait un entrepôt général où les produits recevaient leur garniture et leur cachet définitif; la production tendait à se concentrer.

Les traités de 1860 imprimèrent un puissant essor à l'industrie française. Tout allait pour le mieux, quand survint la grève des ouvriers parisiens en 1867-1868; cette grève porta un coup fatal à la corporation de la capitale, favorisa la province, mais eut surtout pour effet d'ouvrir notre marché à l'Angleterre. La guerre de 1870 et la Commune aggravèrent le mal, et c'est à peine s'il y eut, après le rétablissement de la paix, une courte période de prospérité factice. Malgré de courageux efforts, malgré la reconstitution en deçà de nos frontières de l'industrie alsacienne, la crise s'accentua sous l'action de la concurrence allemande, anglaise, puis chinoise. Il fallait d'ailleurs, au milieu de tant d'embarras, substituer au travail manuel l'emploi de la machine à coudre marchant à la vapeur. L'introduction du chapeau de jonc, tressé d'une pièce et envoyé par la Chine, vint encore préjudicier au chapeau de latanier, qui avait jusqu'alors assez bien résisté. L'Exposition de 1878 nous surprit en plein désarroi. Notre exportation était entravée par des droits protecteurs; le marché intérieur subissait une invasion irrésistible. Le chapeau rotin de Java ne tardait pas à entrer en lice. Des ruines multipliées se produisirent. En 1889, la situation était améliorée; la France attestait une fois de plus sa vaillance et sa souplesse industrielle.

Depuis, les fabricants français ont poursuivi leur belle défense, favorisée du reste par la vogue des chapeaux de paille vers la fin du siècle. Leurs produits sont merveilleusement traités, remarquables par le dessin gracieux des tresses, irréprochables au point de vue du dressage, de la garniture et du fini. Nous maintenons nos positions à l'extérieur; le marché intérieur est reconquis pour l'article cousu, et le tressé s'y trouve en meilleure situation. Les principales manufactures ont leur siège dans l'Est, à Lyon, dans le Dauphiné, à Paris.

Le personnel ouvrier se compose d'hommes et de femmes. À l'époque

des mortes saisons, il se livre soit à d'autres professions, soit à la culture des champs.

Au commencement du siècle, le *chapeau de soie* se composait d'une carcasse en carton recouverte de peluche. De 1827 à 1832, deux faits exercèrent une influence salutaire sur la fabrication : le remplacement de la carcasse en carton par une galette de feutre; la création de fabriques de peluche à Puttelange, Metz, Lyon, Tarare, l'Arbresle. Mais les transformations les plus décisives eurent lieu en 1842, époque à laquelle les Anglais imaginèrent la galette de toile, et en 1854, date du brevet pris par Laville pour les chapeaux à coiffe adhérente. De 1860 à 1867, l'industrie du chapeau de soie traversa une ère de prospérité : la France occupait le premier rang; après elle se plaçaient l'Angleterre et les États-Unis. À partir de 1867, les grèves et les progrès du chapeau de feutre amenèrent une période de décroissance.

Le chapeau de soie continue à lutter péniblement contre le chapeau de feutre. Nos fabricants soutiennent avec succès la concurrence des autres pays et spécialement de l'Angleterre. Ils exécutent d'une manière parfaite le montage, la tournure et la garniture. Les peluches ne sont plus altérées comme autrefois par l'emploi du tour et les galettes offrent, en même temps que la résistance voulue, une légèreté suffisante, mais susceptible sans doute d'être encore accrue. Jusqu'ici, la fabrication n'a cessé de se faire à la main; le peu d'importance de la consommation et la variété des modèles empêchent qu'il en soit autrement.

D'origine fort ancienne, les *bonnets* et les *casquettes* sont établis en tissu, en peau, en fourrure. Vers 1860, le travail manuel a été remplacé par le travail mécanique.

La consommation s'était notablement réduite, par suite de l'abaissement du prix des chapeaux de laine et de paille. Récemment, le cyclisme, l'automobilisme et les autres sports l'ont ravivée.

Seuls, les chapeaux de feutre, les chapeaux de laine et les chapeaux de paille donnent lieu à un commerce extérieur d'une certaine

activité. Voici quels ont été les mouvements annuels moyens pendant la période 1898-1900 :

IMPORTATION.

Chapeaux de feutre (Angleterre, Belgique, Allemagne)................................	2,090,000 francs.
Chapeaux de laine (Allemagne, Italie, Angleterre).	153,000
Chapeaux de paille (Chine, Indes hollandaises, Allemagne, Italie, Angleterre, Suisse, Indes anglaises, etc.).........................	4,245,000

EXPORTATION.

Chapeaux de feutre (Angleterre, Haïti, Algérie, Allemagne, Guadeloupe, etc.)..............	490,000
Chapeaux de laine (Angleterre, Algérie, Colombie, Allemagne, Belgique, Suisse, Chili, etc.)....	924,000
Chapeaux de paille (Angleterre, Algérie, Belgique, Brésil, Madagascar, Chili, Mexique, Martinique, République Argentine, Égypte, etc.)..	7,473,000

Il y a vingt ans, les importations oscillaient autour de 1 million pour les chapeaux de feutre, un million et demi pour les chapeaux de laine, 20 millions pour les chapeaux de paille. Les valeurs d'exportation relatives aux mêmes articles approchaient respectivement de 10 millions 200,000 francs et 12 millions.

5. Fleurs artificielles, plumes, modes. — Les *fleurs artificielles* comprennent: les fleurs, feuillages et fruits, pour la coiffure et la toilette des femmes; les fleurs, plantes, arbustes et arbres, pour la décoration des appartements et parfois des espaces extérieurs; les fleurs et bouquets d'église; les couronnes funéraires.

Jusqu'en 1826, les produits furent assez grossiers; il fallait souvent une forte dose de bon vouloir pour y reconnaître une imitation quelque peu approchée des fleurs ou des plantes naturelles. Le progrès ne s'est manifesté qu'avec la division du travail et la spécialisation des genres. Aujourd'hui, nos fabricants réalisent des merveilles de grâce, de légèreté et de vérité.

La diversité des matières premières est infinie : ce sont les tissus de soie, les tissus de fil, les tissus de coton, le papier, la baudruche, la plume, le verre, la cire, les gommes, les fils métalliques ou végé-

taux, le caoutchouc, la gutta-percha, la baleine, la gélatine, le coton brut, la porcelaine, le verre, les métaux ouvrés, les fleurs naturelles desséchées ou préparées, les matières colorantes, le vernis, la colle de poisson, l'amidon, la dextrine, la glycérine, les huiles, les poudres brillantes ou colorées (paillon, bronze, brocart, poudre étincelle, poudre diamantée), etc.

Parmi les principaux perfectionnements, on peut citer l'emploi des tiges flexibles en caoutchouc, la mise en œuvre de tissus simulant ceux des plantes, l'invention d'apprêts spéciaux, l'adoption des couleurs d'aniline, la préparation de papiers nouveaux, la transformation des presses à découper et à mouler. Les procédés ont été simplifiés et les prix se sont notablement abaissés. On pousse à ses dernières limites le principe de la spécialisation.

L'industrie des fleurs artificielles a son siège le plus important à Paris et s'y exerce avec plus d'habileté que partout ailleurs; elle s'adapte bien d'ailleurs aux aptitudes de l'ouvrier parisien. Des commissionnaires centralisent les produits et offrent ainsi à la clientèle un choix aussi complet que possible.

C'est dans l'élément féminin que le personnel ouvrier se recrute pour la plus large part. Presque tous les travaux sont effectués en atelier. La plupart des établissements subissent des mortes saisons; en outre, ils souffrent périodiquement des fluctuations de la mode.

Il existe à Paris une société pour l'assistance paternelle des apprentis et apprenties de l'industrie des fleurs et plumes. Cette institution a été fondée en vue d'instruire et de moraliser les jeunes ouvriers des deux sexes; elle rend les plus grands services.

Nos achats à l'étranger restent minimes; à peine l'importation de Belgique, d'Allemagne et de quelques autres pays a-t-elle atteint une moyenne annuelle de 189,000 francs pendant la période 1898-1900. Les sorties, à destination de l'Angleterre, des États-Unis, de la Belgique, etc., se sont élevées à 24 millions; de 1871 à 1880, elles ne dépassaient pas 15,700,000 francs.

On divise les *plumes* en deux catégories, plumes d'autruche et plumes de fantaisie provenant des dépouilles d'oiseaux indigènes ou

d'oiseaux exotiques autres que l'autruche. L'industrie du plumassier comprend d'ailleurs deux branches, celle de la plume pour modes et celle des fourrures en plumes.

Avant 1870, les plumes d'autruche convergeaient vers Paris, qui monopolisait presque le travail de ces plumes pour la mode. Cette situation a été modifiée par un déplacement des centres de production. Depuis longtemps, des symptômes de dépeuplement se manifestaient en Afrique et en Asie. Vers 1850, sur l'initiative de la Société d'acclimatation de France, Hardy, alors directeur de la pépinière du Gouvernement général d'Algérie, entreprit des essais d'élevage; il les mena à bien et obtint en 1862 un prix fondé par M. Chagot, négociant parisien. Comme je l'ai déjà rappelé, les colons anglais et hollandais du sud de l'Afrique s'emparèrent aussitôt de l'idée et réussirent au delà de toute espérance; dès 1880, grâce à des procédés habiles d'incubation artificielle et d'élevage, ils n'avaient pas moins de 50,000 autruches domestiques. Londres devint le marché dominant et se livra bientôt au travail relativement facile de la plume. Puis, à la faveur de la protection douanière, d'autres centres de fabrication se créèrent à New-York, Berlin, Vienne, Varsovie, Milan, Bruxelles.

L'industrie des fourrures en plumes d'autruche est récente. Elle a débuté à Paris en 1884, au moment où la matière première subissait une énorme dépréciation et où le prix du kilogramme descendait de 3,000 à 1,000 francs. Plusieurs pays fortement protégés, notamment les États-Unis, imitent la fabrication française en s'inspirant de nos modèles.

Paris reste le marché principal des plumes de fantaisie, hormis celles que fournissent les colonies anglaises et qui vont à Londres. À Paris aussi appartient la première place, en ce qui concerne le travail de ces plumes pour la mode. Tantôt les plumes sont montées en forme d'aigrette par les procédés du fleuriste; tantôt on les frise ou on les ondule au fer; dans d'autres cas, on les accole de manière à reproduire le plumage varié des oiseaux; elles peuvent aussi être groupées en ailes fantaisistes ou en oiseaux factices. Ayant indiqué dans un précédent chapitre les manipulations auxquelles les plumes sont soumises avant leur mise en œuvre, je m'abstiens d'y revenir.

Devançant l'industrie des fourrures en plumes d'autruche, celle des fourrures en plumes de fantaisie est née à Paris, vers 1877. Les opérations essentielles consistent à débarrasser les plumes duveteuses de leurs côtes au moyen de métiers spéciaux et à retenir le duvet dans une solution de caoutchouc et de benzine. Nous avons trouvé des imitateurs à l'étranger, spécialement à Varsovie et à Berlin.

La main-d'œuvre est presque uniquement confiée à des femmes; les hommes ne sont occupés qu'aux opérations mécaniques. En général, les ouvrières se spécialisent : il y a, pour les plumes d'autruche, des assortisseuses, des couseuses, des friseuses, et, pour les plumes de fantaisie, des trieuses, des monteuses, des colleuses. Le travail est fait soit à l'atelier, soit à domicile. Chaque année amène une morte saison; les fluctuations de la mode éprouvent en outre le personnel ouvrier.

Pendant les trois dernières années du siècle, les mouvements d'importation et d'exportation se sont équilibrés : à l'entrée, 41,577,000 francs (provenances d'Angleterre, des États-Unis, d'Allemagne, de Russie, etc.); à la sortie, 41,099,000 francs (destinations d'Angleterre, des États-Unis, d'Allemagne, etc.). Il y a vingt-cinq ans, les échanges n'avaient pas autant d'importance, mais le bilan se soldait par un excédent des sorties.

La France et plus particulièrement Paris ont une renommée universelle pour les *articles de modes*. Nulle part ailleurs, on ne rencontre autant d'habileté de main, d'art délicat, de grâce, d'aptitude à l'arrangement des étoffes et des couleurs, de sens esthétique, de fertilité d'imagination, d'esprit d'invention.

Au premier rang sont les grandes maisons parisiennes, qui jouissent d'un prestige sans égal, fournissent des modèles au monde entier, contribuent puissamment à la vente extérieure de nombreux produits nationaux indispensables pour l'imitation fidèle de leurs modèles. Ensuite viennent les maisons de second ordre, puis les petits ateliers de la capitale et de la province. Certains établissements fabriquent en gros pour la France ou pour l'étranger. Presque toutes les grandes maisons de nouveautés ont des ateliers spéciaux de modes.

Les matières premières consistent en formes (carcasses, feutres, pailles, etc.) et en accessoires (velours, soies, rubans, tulles, gazes, lainages, dentelles, broderies, passementeries, plumes, fleurs, fourrures, perles, jais, etc.). Elles proviennent généralement des manufactures françaises ou du moins y sont soumises à des préparations avant de pouvoir être mises en œuvre.

Jamais, le personnel n'est très considérable; il comprend au plus 50 à 60 personnes, même pour les établissements qui ont la plus vaste clientèle : ces établissements recourent en effet à des entrepreneurs intermédiaires. Le travail reste presque uniquement manuel.

L'industrie des modes n'emploie, pour ainsi dire, que des ouvrières. Celles-ci sont dirigées, dans les ateliers de luxe ou de gros, non seulement par la maîtresse de maison, mais aussi par des premières, qui créent les modèles; elles ont souvent telle ou telle spécialité. Au personnel se rattachent les apprenties : il n'existe pas d'écoles professionnelles. Par suite des variations incessantes de la mode, les travaux sont très irréguliers; néanmoins l'assistance et la mutualité n'ont pas encore été organisées : la dissémination des ouvrières constitue un obstacle sérieux aux institutions de ce genre.

Notre commerce est prospère. Il conserve ses débouchés à l'étranger, malgré la concurrence, malgré les droits de douane, malgré le sans-gêne avec lequel nos modèles sont copiés et même nos marques empruntées dans certains pays[1]. Les maisons parisiennes sont parvenues à un bon marché étonnant pour les articles ordinaires d'exportation.

La valeur des articles importés a toujours été minime : pour la période 1898-1900, la moyenne annuelle ne dépasse pas 72,000 francs. Pendant la même période, les sorties à destination de l'Angleterre et, dans une bien moindre mesure, de la Belgique, de l'Allemagne, etc., se sont élevées à 83,700,000 francs environ; de 1871 à 1880, elles étaient inférieures à 18 millions.

[1] Des concurrents du dehors vont jusqu'à employer, pour des produits de basse qualité, des coiffes de chapeaux de femme portant les noms de nos modistes les plus connues. L'indélicatesse se double ainsi d'une injure aux maisons dont la marque est usurpée.

6. Lingerie. — Rien de plus complexe que la lingerie. Elle présente de grandes subdivisions. C'est tout d'abord la chemiserie d'homme, chemiserie en gros, chemiserie en détail, chemiserie mixte (chemises blanches ou de couleur, en coton, en toile, en flanelle, en tissu de fantaisie; caleçons en toile, en croisé, en soie, en flanelle, en tissu de fantaisie; gilets en flanelle, en tissu pur ou mélangé; devants de chemise en toile ou en coton, unis ou de fantaisie; faux-cols, manchettes, plastrons de chemise). Une autre branche d'importance capitale se compose de la lingerie en gros ou en détail pour femme ou pour enfant : la lingerie de femme comprend d'innombrables articles, chemises de jour ou de nuit, camisoles, pantalons, jupons, matinées, cache-corsets, cols, manches, parures, peignoirs, taies d'oreillers, draps, nappes, serviettes, etc.; quant à la lingerie d'enfant, elle a pour domaine toute la layette. Récemment est née la chemisette, qui donne lieu à un mouvement d'affaires considérable; elle se rapproche du corsage, mais ses formes reproduisent plutôt celles de la chemise d'homme.

Les fabricants de lingerie n'ont commencé à prendre part aux Expositions qu'à partir de 1849. Vers cette époque, Paris comptait déjà 2,000 industriels produisant pour 26 millions et demi par an. La première Exposition universelle internationale, celle de Londres en 1851, montra la supériorité de nos produits, la perfection de leur coupe, la variété et l'élégance de leur dessin, le bon goût de leur ornementation. Tout se faisait encore à la main, et les maisons religieuses avaient, pour ainsi dire, le monopole de la confection.

À l'Exposition de 1862, on constata pour la première fois l'application de la machine à coudre, qui devait amener des changements profonds dans l'organisation du travail. De petits ateliers s'établirent d'abord à Paris pour la piqûre mécanique; les coutures, les fronces, les ourlets continuaient à être confiés aux couvents de province. Plus tard, les exigences de la fabrication à bon marché étendirent le travail à la machine et amenèrent à créer de grands centres de confection hors de la capitale, notamment dans le Berry. Les entrepreneurs recevaient de Paris les chemises coupées et en opéraient la répartition entre les ouvrières de la région; tenant pour la plupart un commerce,

ils payaient la façon par la remise de marchandises rentrant dans leur spécialité; depuis, grâce aux efforts de quelques hommes de bien, ce mode de rémunération a disparu. En 1867, les vitrines du Champ de Mars contenaient de nombreuses pièces de lingerie entièrement faites à la machine, y compris les boutonnières. Le chiffre d'affaires de l'industrie parisienne atteignait 40 ou 50 millions. La France gardait d'ailleurs sa suprématie pour les objets de luxe; elle avait développé dans des proportions considérables sa fabrication d'articles de qualité ordinaire et moyenne.

L'Exposition de 1878 donna une nouvelle consécration à notre suprématie. Toutefois la concurrence de l'Allemagne devenait menaçante : nos voisins d'outre-Rhin gagnaient du terrain à l'étranger par leurs articles à bas prix, imitant nos modèles et nos formes. Les marques françaises étaient trop souvent contrefaites.

Sous le coup d'un danger pressant, la France redoubla d'efforts, sut se résoudre aux sacrifices nécessaires, perfectionna son outillage, améliora ses procédés de fabrication, multiplia ses modèles, s'ingénia à rechercher chaque jour des nouveautés, poursuivit l'ouverture de débouchés extérieurs, indépendants de ceux qui lui étaient déjà acquis. Tant de peines et de soins ne restèrent pas stériles. L'Exposition de 1889 attesta une fois de plus les mérites artistiques et professionnels de la France. Tous les visiteurs admirèrent les qualités de notre lingerie : beauté sobre de la coupe, nouveauté des formes, goût irréprochable, diversité des tissus, composition soignée et choix heureux des dessins, opposition agréable des couleurs, habileté de main des ouvrières, conscience dans le travail. Malgré la concurrence de Vienne, de Berlin, les produits français s'imposaient au monde entier. De grands progrès avaient été réalisés pour les articles d'exportation, grâce à l'amélioration du matériel, à une division plus rationnelle du travail et à l'économie de main-d'œuvre qui en résultait. La couture mécanique était arrivée à un tel degré de perfection que, souvent, on ne distinguait pas sans difficulté les pièces faites à la machine des pièces faites à la main.

Depuis, la France n'a nullement démérité, et l'Exposition de 1900 a été, comme ses devancières, un triomphe pour son industrie. Cepen-

dant, si nous restons maîtres du marché intérieur, nos ventes à l'étranger éprouvent une diminution progressive, qui affecte principalement les articles de consommation courante. Beaucoup de pays d'Europe ou d'Amérique, où le travail de la lingerie confectionnée était inconnu, ont organisé des ateliers de confection et de couture; la production s'est décentralisée à l'abri des tarifs douaniers protecteurs. La lutte des peuples exportateurs a d'ailleurs pris un caractère d'âpreté inouïe. Pourvue des outils les plus ingénieux et les plus divers, ainsi que d'un personnel d'ouvrières robustes et appliquées, approvisionnée par l'Alsace de tissus blancs ou imprimés d'un renom universel, puisant à la source même la matière première de sa fabrication, l'Allemagne ne cesse de réaliser des conquêtes à l'extérieur. En Autriche-Hongrie, Vienne et Prague ont beaucoup perfectionné leur fabrication. Des manufactures gigantesques et dotées d'un puissant outillage se sont créées aux États-Unis. La Grande-Bretagne est favorisée par l'abondance de la matière première et par l'étendue de son domaine colonial. Au delà des Alpes, les Italiens sont des producteurs sérieux et redoutables; on ne peut qu'être frappé de la régularité et du blanc de leur lingerie.

Chez nous, tandis que la chemiserie en détail s'est répandue sur toute la surface du territoire, la chemiserie en gros reste localisée dans quelques départements, Seine, Seine-Inférieure, Nord, Cher, Indre, Indre-et-Loire, Gironde, Loiret, Somme, Loir-et-Cher, où existent d'importantes manufactures travaillant à la machine et employant des milliers d'ouvrières. Les tissus de coton proviennent, pour la plus large part, des Vosges et, pour le surplus, de la Seine-Inférieure, de l'Angleterre, de la Suisse; Rouen dispute à l'Alsace la fourniture des tissus imprimés; suivant leur destination, les tissus de fil sont demandés à l'Irlande ou à Armentières, Lille, Vimoutiers, Soissons, Gérardmer; Reims, Elbeuf, Louviers, Roubaix, Bar-le-Duc livrent les tissus de laine. Née lors de la guerre de Crimée, la chemise de flanelle, faite d'abord en laine pure, puis en laine et coton, a engendré la chemise de flanelle-coton, très usuelle parmi les artisans pour lesquels elle remplace les cotonnades; la flanelle de coton trouve d'ailleurs aujourd'hui d'autres emplois fort nombreux. Neuf-

château et Vaucouleurs ont une véritable spécialité en ce qui concerne la fabrication des gilets et des chemises de flanelle; les ouvrières reçoivent leur travail par l'intermédiaire d'entrepreneurs.

Pour la lingerie de femme et d'enfant, beaucoup de maisons françaises se sont spécialisées. De même qu'autrefois, Paris est le centre principal de production, crée les modèles, confectionne les articles de luxe et de haute fantaisie, distribue en province les tissus destinés aux autres articles et recueille les produits confectionnés. Fréquemment, les pièces doivent passer par les mains de plusieurs ouvrières spécialistes ou même par plusieurs localités. La fabrication en gros tend à se décentraliser et à se disperser. On sait le rôle de la broderie dans la lingerie de femme; les indications précédemment données au sujet de cette ornementation du linge me dispensent d'y insister, non plus que sur les dentelles. Les tissus de coton viennent des Vosges, de Saint-Quentin, de Tarare, de Rouen; les tissus de fil, de Belfast, Lille, Cambrai, Valenciennes, etc.; les tissus de laine, de Reims, Rouen, Roanne; les tissus de soie, de Lyon ou d'Angleterre et surtout d'Asie.

La valeur moyenne des importations de lingerie cousue, pendant la période 1898-1900, a été de 700,000 francs, répartis entre les provenances d'Allemagne, d'Angleterre, de Suisse et de Belgique. Nos exportations, dirigées vers l'Algérie, l'Angleterre, la Belgique, les États-Unis, le Mexique, Madagascar, le Brésil, l'Indo-Chine, l'Égypte, se sont chiffrées par 23 millions de francs; en 1889, elles avaient dépassé 55 millions.

7. **Bonneterie.** — Au cours de ce chapitre, j'ai déjà retracé brièvement l'historique des machines à bonneterie. Mes indications sur les progrès de cette branche de la production en seront abrégées d'autant.

Vers 1840, l'outillage de la France comprenait: le métier à bas de Lee, avec adjonction de la mécanique à pied Delarothière; le métier à chaîne, qui, combiné avec la mécanique Jacquard, fournissait à la fantaisie des articles d'un prix de revient peu élevé; le métier circulaire à mailleuses et à platines. Les travaux de dévidage et de couture se faisaient à la main; le tissage était confié à des façonniers travaillant chez eux ou par petits groupes, sans qu'il existât encore

d'ateliers agglomérés. Parmi les centres de fabrication, quatre occupaient de beaucoup le premier rang: Le Vigan (2,600 métiers), pour la bonneterie de luxe, et en particulier pour le bas à maille fine en soie et fil, brodé ou à jours; la Picardie, pour la bonneterie de laine, qui s'y était implantée dès 1745 ; Troyes et la région avoisinante (10,400 métiers), pour la belle bonneterie de coton; Falaise, pour les articles circulaires de qualité commune. On évaluait à 55 millions de francs la production totale de la France, en 1846. Notre prédominance dans les articles de luxe était incontestée; mais, pour la bonneterie ordinaire, l'industrie de la Grande-Bretagne et celle de la Saxe nous suscitaient une concurrence redoutable.

Après une période critique, de 1820 à 1830, l'Angleterre avait amélioré son matériel et appliqué la vapeur à la commande des métiers déjà partiellement automatiques. Depuis plus d'un siècle, la Saxe se servait du métier Lee; en 1851, elle prit à l'Angleterre ses métiers tubulaires à côtes; les principaux éléments de succès de ce pays consistaient dans sa main-d'œuvre économique et dans ses tendances à chercher des affaires au dehors.

Lors de l'Exposition de 1855, deux médailles d'honneur furent décernées, l'une à un industriel du midi de la France, l'autre à une société de Nottingham.

À partir de 1855, on aborde l'ère la plus intéressante. Le bas de soie a presque disparu de la toilette de l'homme et lutte péniblement contre le bas en fil d'Écosse dans la toilette de la femme : aussi la bonneterie de soie n'entre-t-elle plus que pour 9 millions dans la production totale de la France, évaluée en 1862 à 70 millions, alors qu'avant 1789 elle en constituait la moitié ; les efforts des fabricants doivent se concentrer sur les articles de grande consommation. Dressons en passant l'acte de décès du bonnet de coton, auquel l'un des rapporteurs les plus érudits de nos Expositions universelles consacrait une oraison funèbre tout à fait élégiaque, probablement en souvenir du bonnet d'ordonnance qu'il avait porté à l'École polytechnique.

Menacés par l'étranger et mis en éveil par les théories libre-échangistes, nos industriels se décidèrent à transformer complètement leur outillage et à modifier profondément les conditions du travail; ils

montèrent des ateliers à la vapeur et introduisirent en France les métiers anglais, ainsi que les appareils accessoires, comme bobinoirs, machines à coudre et à remmailler. L'esprit de recherche se développa chez les constructeurs français : de 1861 à 1867, on ne compta pas moins de 131 brevets. Au delà de la Manche, les nouveaux métiers de A. Paget et de Cotton, à mouvements complètement automatiques, devenaient, le second surtout, les producteurs par excellence de l'article diminué. Quant à l'Allemagne, elle avait adopté, dès l'origine, le métier Paget. En résumé, quand s'ouvrit la seconde Exposition internationale de Paris, l'Angleterre avait pour elle la supériorité de son matériel ; l'Allemagne gardait l'avantage d'une main-d'œuvre économique ; la France gagnait du terrain dans la production des articles ordinaires et conservait sa prépondérance pour les articles de luxe.

De 1867 à 1878, la bonneterie française fortifia sa production mécanique. Entre temps, l'Allemagne allait de l'avant, dépassait même la France dans la modification et l'accroissement de l'outillage. L'Angleterre dominait les deux nations rivales.

Pendant les onze années comprises entre 1878 et 1889, les brevets se multiplièrent au point de dépasser le chiffre de 600 ; mais ils n'avaient trait, pour la plupart, qu'à des perfectionnements de détail, à des procédés spéciaux de fabrication ou de production d'articles de fantaisie. Malgré tous les efforts des constructeurs, le métier Paget et ses similaires cédaient devant le métier Cotton. Divers types de tricoteuses mécaniques commençaient à se répandre. Le métier rectiligne à côtes avait reçu de grandes améliorations. D'autre part, le métier circulaire était rentré brillamment en scène, lors de la création du jersey et des articles coupés en laine.

L'Exposition de 1889 se caractérisa par l'apparition d'articles nouveaux, tels que le jersey, les tissus de coton fin et les produits de la tricoteuse, par l'envahissement de la fantaisie sous toutes ses formes, par la baisse considérable des prix de vente. Cette baisse avait atteint 35 à 40 p. 100 en dix ans ; elle devait être attribuée à la perfection de l'outillage, à la réduction de valeur des matières premières et à la surproduction. L'intermédiaire du façonnier avait disparu ; le travail en atelier s'était développé.

Comme auparavant, la bonneterie de coton constituait la plus large part de la production nationale; Troyes en restait le siège principal, pour les beaux articles diminués ou coupés. La bonneterie coupée de laine était admirablement représentée par le jersey et par l'article dit *hygiénique*, que le docteur Jäger venait de mettre à la mode en Allemagne; mentionnons aussi les articles au crochet de Roanne, de Paris et des Pyrénées, encore fabriqués pour la majeure partie à la main et luttant avec vaillance contre l'importation allemande. Notre bonneterie de soie gardait ses qualités de goût et d'exécution; elle se trouvait en bonne situation, sauf dans la ganterie à laquelle l'Allemagne avait porté de rudes coups; on évaluait son chiffre d'affaires à 10 millions. Une catégorie intéressante, celle de la bonneterie tricotée à la machine Lamb, circulaire ou rectiligne, demeurait fidèle à ses bonnes traditions : les appropriations multiples de la tricoteuse mécanique à la fabrication de l'uni ou de la côte, son prix modique, le peu d'apprentissage qu'elle exigeait, son aptitude à fournir des articles entièrement finis, lui assuraient un essor considérable. La bonneterie de lin n'existait plus en France.

Dans son ensemble, la bonneterie française était une grande et belle industrie, dont le chiffre d'affaires oscillait autour de 175 millions. Elle avait subi, dans ses allures, des modifications assez profondes : à la fabrication sur commande s'était substituée la fabrication par avance, avec stocks à l'usine; les grands magasins de Paris s'imposaient comme des intermédiaires obligés, facilitant l'écoulement des produits, mais faisant la loi pour les prix de vente; à l'inverse des ouvriers travaillant chez eux, ceux des ateliers avaient vu leur condition sensiblement améliorée. Le rapporteur du jury reprochait à nos fabricants de recourir trop souvent aux maisons de commission et de grever ainsi leurs marchandises, alors que les Anglais et les Allemands créaient eux-mêmes des comptoirs.

Nous avions en face de nous l'Angleterre, merveilleusement pourvue, aussi bien pour les moyens de production que pour le système commercial, et l'Allemagne, qui possédait un outillage à peu près équivalent au nôtre, dont la main-d'œuvre était économique et qui savait écouler ses produits. L'Espagne, l'Italie, la Suisse tenaient déjà une large

place dans la fabrication des articles coupés et progressaient dans les articles diminués.

Au cours des dix dernières années du siècle, le goût des fabricants s'est affiné. La ramie a tenté de prendre place dans la série des matières premières, à côté du coton, de la laine et de la soie : je ne cite pas le lin, car on ne l'utilise plus ; la bonneterie dite *de fil* est de la bonneterie de coton, faite avec du fil perse assemblé, tordu, gazé, puis laminé. Délaissés après 1889, les articles en jersey ont reparu ; de nombreux objets sont fabriqués en tissu des Pyrénées, se distinguant par l'aspect molletonné que lui donne une préparation spéciale au moyen de la machine à lainer. Presque tous les manufacturiers abandonnent l'ancienne spécialisation. Troyes continue à être le principal centre de la bonneterie française.

La France se heurte, à l'étranger, contre la rivalité toujours plus agissante de l'Allemagne. Aujourd'hui, la Saxe monopolise, pour ainsi dire, la fabrication des tissus pour gants.

Notre importation et notre exportation ont été en moyenne les suivantes, pendant la période 1898-1900 :

IMPORTATION.	
Bonneterie de coton (Allemagne)............	2,390,000 francs.
Bonneterie de laine (Allemagne, Angleterre, etc.).	1,310,000
Bonneterie de soie (Suisse, Allemagne, Angleterre).	720,000
EXPORTATION.	
Bonneterie de coton (Angleterre, Algérie, Belgique, République Argentine, Indo-Chine, Mexique, Brésil, Madagascar, États-Unis, etc.).	16,000,000
Bonneterie de laine (Angleterre, Belgique, Algérie, République Argentine, Espagne, Allemagne, États-Unis, Chili, Suisse)................	3,890,000
Bonneterie de soie (États-Unis, Angleterre, etc.)...	706,000

Les sorties de bonneterie de coton avaient dépassé 27 millions en 1889, celles de la bonneterie de laine 18 millions en 1890 et celles de la bonneterie de soie 2,375,000 francs durant la même année.

8. Ganterie. — Sous la première République et le premier Empire, les gants étaient extravagants et les mitaines prodigieuses. Avec la

IMPRIMERIE NATIONALE.

Restauration, ils prirent, comme le costume, des allures plus simples et se rapprochèrent de leurs formes et de leurs dimensions actuelles. Payen, rapporteur du jury départemental de la Seine pour l'Exposition de 1827, enregistrait les remarquables progrès de la ganterie parisienne et les attribuait à la meilleure qualité des peaux de chevreau, à la solidité et à la finesse des coutures; il estimait à 30 millions par an la production de Paris en peaux ouvrées de toute nature.

Bientôt se développait la coupe mécanique des gants de peau, soit à l'emporte-pièce, soit au calibre, par le procédé Jouvin, qui devait exercer la plus heureuse influence sur l'avenir de la ganterie française. Un ingénieux système de numérotage permettait de faire fabriquer ou de trouver sans difficulté des gants d'un ajustage irréprochable.

Lors de l'Exposition de 1839, notre exportation avait augmenté. Paris tenait toujours la tête, mais la vieille fabrique de Grenoble reprenait son essor. Vers cette époque, le gant était orné, aux attaches, de petits crispins, de festons, de ruches, de crénelures; de longues mitaines noires s'alliaient aux canezous de blonde des femmes. Ce genre devait plus tard céder le pas aux gants à jour en soie de Chine, aux gants d'Espagne ou de Suède, aux gants de castor ou de chevreau glacé, aux gants mousquetaires, aux gants Colombine, etc.

Une crise funeste suivit la Révolution de 1848; le chiffre d'affaires de la ganterie de peau parisienne, qui avait dépassé 14 millions en 1847, éprouva une réduction de plus de moitié. Mais cette crise fut de courte durée; car, dès 1849, Natalis-Rondot, rapporteur du jury, constatait une situation prospère; la France vendait au monde entier, surtout aux États-Unis et à l'Angleterre; sa production montait à 36 millions, dont 16 pour la fabrique parisienne et 10 pour celle de Grenoble.

Quand eut lieu la première Exposition internationale à Londres (1851), l'Angleterre avait progressé, grâce aux mesures libérales prises par Robert Peel pour l'importation des peaux; la ganterie y occupait 25,000 ouvriers et sa production annuelle atteignait de 18 à 20 millions de francs; cependant la consommation intérieure continuait à préférer les gants français. L'Autriche fabriquait pour 4 millions. En Allemagne, Berlin, Postdam, Magdebourg et Halberstadt cherchaient, sans beaucoup de succès, à nous imiter. Notre industrie

présentait une immense supériorité et avait un chiffre d'affaires de 47 millions.

La seconde Exposition universelle, celle de Paris (1855), retrouva la fabrique française en pleine activité : les trois quarts de ses produits s'écoulaient aux États-Unis et en Angleterre.

D'après une enquête instituée en 1860 par la Chambre de commerce de Paris, le négoce de la capitale s'élevait à 15 millions, dont 8 pour l'exportation.

Au moment de l'Exposition de 1862 à Londres, la production française était estimée à 50 millions environ, sur lesquels la France ne gardait que deux dixièmes; quatre dixièmes allaient en Amérique, trois en Angleterre, un en Russie, en Allemagne et en Italie : l'excellence de la coupe par le procédé Jouvin et la perfection de notre mégisserie maintenaient la supériorité de nos produits. Les industriels anglais fabriquaient bien la ganterie forte.

Favorisée par le régime économique, la ganterie française produisait, en 1867, pour 75 ou 80 millions et employait de 65,000 à 70,000 personnes, chamoiseurs, mégissiers, teinturiers, coupeurs, dresseurs, couseuses, piqueuses, etc. La France conservait le premier rang sur tous les marchés du monde; mais elle avait éveillé une vive émulation à l'étranger, et le rapporteur du jury de l'Exposition, poussant un cri d'alarme, préconisait le système de la division du travail.

Malgré la perturbation jetée par les événements de 1870-1871, nos fabricants n'avaient pas trop souffert, lorsque, tout à coup, affluèrent sur le marché des gants d'assez belle apparence et d'un prix peu élevé, venant de Belgique, d'Autriche, de Saxe, du Luxembourg. Ils comprirent la nécessité absolue de perfectionner leur outillage et de rechercher une main-d'œuvre plus économique. Le rapporteur de l'Exposition de 1873, à Vienne, les poussa du reste dans cette voie en leur conseillant de ne plus reculer devant l'adoption de la couture mécanique pour les gants de qualité courante et ordinaire. On rencontre les mêmes conseils sous la plume du rapporteur de 1878, qui préconisait en outre la réunion aux ateliers de ganterie, du travail de mégisserie et de teinture, afin de centraliser le contrôle

sur toutes les opérations. À cette date, notre production ne s'était pas sensiblement accrue depuis 1867.

Nos concurrents allaient d'un pas plus rapide que nous dans la transformation de leurs procédés; ils créaient de vastes manufactures, y introduisaient les perfectionnements modernes, appliquaient la division du travail, réunissaient la mégisserie, la teinture, la couture, la broderie. La situation devenait critique. Aujourd'hui, tout est sauf. Les fabricants français ont généralisé l'emploi des machines, élevé de grandes usines commandées par des moteurs à vapeur, hydrauliques ou à gaz, substitué la lumière électrique au gaz qui altérait les couleurs, établi des agences et des comptoirs aux États-Unis, dans l'Amérique du Sud, en Angleterre, en Australie. Dès 1889, notre production représentait au minimum 90 millions.

La ganterie de Paris est toujours réputée pour les articles de choix et de fantaisie. Grenoble a la fabrique la plus importante de gants secondaires; cette ville et la région avoisinante produisent aussi de beaux gants glacés et des gants de Suède remarquables; elles emploient 25,000 ouvriers ou ouvrières et font pour 35 millions d'affaires. Milhau (10 à 11,000 ouvriers ou ouvrières et 15 millions d'affaires) se consacre à la spécialité des gants d'agneau. Cette spécialité est également celle de Saint-Junien. Niort fait les gants militaires en mouton-chamois, et Chaumont les gants de chevreau. La France fournit les meilleures peaux de chevreau et d'agneau de lait.

A la fin du siècle, l'Angleterre gardait à peu près ses positions de 1889. L'Allemagne a augmenté et amélioré sa fabrication; elle profite des avantages d'une main-d'œuvre à bon marché. De puissantes manufactures se sont installées aux États-Unis, et la France n'est pas sans en souffrir. En Italie, Naples progresse grâce aux salaires restreints de ses artisans. Vienne et Prague ont une production active.

Deux faits dominent les dernières années : l'accroissement de la consommation et la baisse des prix.

Les importations d'Angleterre, d'Italie, d'Allemagne, sur le marché français, n'ont pas dépassé en moyenne 1,110,000 francs pendant la période 1898-1900. Notre exportation, principalement destinée à

l'Angleterre et aux États-Unis, a été de 40,300,000 francs; elle avait atteint 60 millions en 1890.

9. Chaussures. — Sous le Directoire et l'Empire, les hommes portèrent des bottes rigides et collantes à talon bas et large, ainsi que des souliers sans talon ou à talon bas; les femmes, des souliers sans talon, à cothurnes, et des bottines basses lacées en dedans ou à boutons de côté. Ces modèles se voyaient encore à l'Exposition de 1855; on y trouvait aussi des chaussures rappelant, au moins pour les talons, le règne de Louis XV; enfin les bottines avec élastiques faisaient leur entrée dans le monde. Le maître cordonnier qui établit en France, vers 1850, les premières bottines de ce genre, se servait des élastiques à ressorts en métal alors employés à la fabrication des bretelles. Bientôt, les ressorts furent remplacés par des fils de caoutchouc vulcanisé. Depuis, les transformations importantes se sont produites moins dans les formes que dans les méthodes de travail. La fin du siècle se caractérise par l'abandon de toutes les exagérations, notamment des bouts carrés ou pointus et des talons démesurément hauts ou affreusement plats.

Jadis, la fabrication industrielle n'existait pas. Les chaussures étaient généralement faites sur mesure, dans de modestes ateliers ne comprenant que le patron, la femme et un apprenti, auxquels s'ajoutaient parfois quelques compagnons : ces ateliers, dont le bon La Fontaine chanta la gaieté proverbiale, ont été popularisés par la gravure. Quant au commerce peu important de la chaussure confectionnée par avance, il était exercé par des marchands, pour lesquels travaillaient soit les maîtres cordonniers pendant les mortes saisons, soit des fournisseurs spéciaux.

Vers 1820, les allures de la profession commencèrent à se modifier. Plusieurs maîtres entreprirent d'expédier des chaussures dans l'Amérique du Sud, à la Réunion, à Bourbon, puis aux Antilles. Le principe de la division du travail reçut bientôt ses premières applications, qui ne tardèrent pas à se développer avec les procédés mécaniques.

Après les indications déjà données dans un précédent chapitre, il

serait sans intérêt de suivre ici pas à pas l'évolution de ces procédés. Passons donc immédiatement à l'Exposition de 1867, qui marqua un progrès considérable. La chaussure sur mesure se distinguait alors par une main-d'œuvre des plus soignées; grâce à l'outillage nouveau et aux traités de 1860, la fabrication en gros avait pris un grand essor; toutes les tiges, excepté celles des bottes, étaient piquées mécaniquement; l'une des vitrines contenait des chaussures entièrement faites à la machine. Notre commerce d'exportation prospérait; les produits français en cousu-main, en cousu-machine, en cloué ou en vissé s'expédiaient vers tous les pays du monde.

Lors de l'Exposition de 1878, on put constater une nouvelle étape franchie dans la voie du travail mécanique; beaucoup de fabricants exposaient des chaussures confectionnées soit en partie, soit en totalité, à la machine. Mais il était réservé à l'Exposition de 1889 de montrer des chaussures parfaites de confection et de qualité, obtenues par l'emploi exclusif de moyens mécaniques et dans des conditions remarquables d'économie. Les formes et les patrons avaient d'ailleurs été sensiblement améliorés. Malgré la concurrence de divers pays, la chaussure française continuait à être justement appréciée, et nous exportions partout où ne se dressaient pas des barrières de douane infranchissables. Le rapporteur du jury évaluait la production nationale à 900 millions, dont un tiers absorbé par les salaires, et le chiffre d'affaires de Paris à 200 millions.

En 1900, la France s'est montrée incontestablement digne du premier rang pour les articles dits *à la main*. Sans posséder encore la maîtrise des États-Unis dans le maniement des procédés mécaniques, elle y a cependant fait preuve de progrès rapides et d'une véritable habileté.

Paris a des chausseurs incomparables, qui travaillent exclusivement sur mesure et sont les instigateurs de la mode. Ces artistes du genre survivront, surtout pour la chaussure féminine, à l'invasion du machinisme. Au-dessous d'eux se placent les cordonniers sur mesure de valeur secondaire, dont les jours sont comptés et que tuera fatalement la confection.

Deux industries accessoires, mais intéressantes, méritent d'être

citées : celles des chaussonniers et des galochiers. La tendance de la fin du siècle est d'embellir autant que possible les chaussures et les galoches, d'en faire parfois des chaussures luxueuses.

Nous sommes tributaires des Américains pour l'achat des machines et il nous faut subir, de ce chef, des exigences draconiennes. C'est une cause de faiblesse, qui, d'ailleurs, pèse également sur les autres peuples.

Les États-Unis ont poussé la chaussure mécanique à un tel degré de perfection, que la chaussure sur mesure n'y est pour ainsi dire plus connue. Ils offrent l'assortiment de formes le plus complet qu'on puisse désirer; les longueurs et les largeurs sont presque graduées par infiniment petits.

Avec la France et l'Angleterre, l'Autriche compte parmi les pays d'Europe où la fabrication de la chaussure a pris le plus de développement. Les Autrichiens travaillent encore pour une très large part à la main; ils semblent s'orienter de préférence vers la chaussure féminine.

De 1898 à 1900, notre importation annuelle moyenne n'a pas dépassé 1,170,000 francs; les pays de provenance sont l'Angleterre, les États-Unis, la Belgique, etc. Nos ventes à l'Algérie, à l'Angleterre, à la Suisse, à la Belgique, à l'Allemagne, à la Guadeloupe, à Madagascar, à la Réunion, etc., ont été de 19,295,000 francs. En 1881, l'exportation avait atteint 98,380,000 francs; son affaissement s'explique par l'accroissement de la production locale dans les pays qui formaient notre clientèle, par l'élévation des droits protecteurs contre lesquels nous nous heurtons et par l'expansion des produits américains.

10. Articles divers. — Au commencement du siècle, la mode était aux *cravates* à flots avec broderies ou jours. Puis vint le carcan militaire de la Restauration, bientôt remplacé par des cravates longues ou courtes. En 1825 paraissait à Paris un ouvrage traduit de l'anglais et définissant quatorze manières différentes de mettre la cravate.

L'année 1830 fut fatale à la cravate longue, faisant deux fois et

plus le tour du cou et formant un gros nœud sur le col de la chemise. C'est en effet à cette date que naquit le col-cravate, plus facile à revêtir et moins coûteux.

En 1862, l'Exposition de Londres montra l'extension considérable du col-cravate et marqua l'apparition des cols ou cravates pour dames, ensuite délaissés par la mode. Cinq ans après, lors de la deuxième Exposition universelle internationale de Paris, la fabrication s'était notablement développée. La production française de tissus et d'articles confectionnés occupait le premier rang, au point de vue des mérites et de la quantité; notre chiffre d'affaires atteignait 30 millions, non compris la vente des étoffes de Lyon et de Saint-Étienne destinées aux fabricants étrangers. Vers cette époque, l'application des fermetures mécaniques métamorphosa la fabrication et, sans éliminer complètement le col noué à la main, le relégua peu à peu au second plan.

Un changement défavorable se manifesta dans notre situation, de 1870 à 1880. La disparition des cravates de femme et l'invasion des tissus ou articles confectionnés à bas prix engendrèrent en France une crise pénible. Depuis, nous avons regagné le terrain perdu, grâce aux efforts des Lyonnais qui n'ont pas hésité à faire des tissus économiques, moins coûteux même que ceux d'origine allemande.

Les matières mises en œuvre sont nombreuses. Mais la soie pure ou mélangée domine; elle figure pour près des neuf dixièmes dans la valeur des articles importés et pour six dixièmes dans celle des articles exportés.

Presque toute la fabrication des cols-cravates de France est concentrée à Paris et à Lyon. Elle se fait à la main et au moyen de la machine à coudre. Tantôt les producteurs organisent des ateliers spéciaux, où sont formées des apprenties; tantôt ils recourent à des entrepreneuses, qui appliquent très largement la division du travail.

Il existe maintenant peu de pays qui n'aient une production assez active. Aussi avons-nous perdu une forte part de notre clientèle étrangère, notamment aux États-Unis. Les mouvements du commerce extérieur sont restreints; notre exportation reste un peu supérieure à l'importation; le courant d'anglomanie qui se dessinait récemment en France semble enrayé.

Le *corset* proprement dit remonte à François Ier. Sous le Directoire, le retour au costume antique avait fait naître un petit corselet dit *à la paresseuse*, qui était dépourvu de baleines, s'attachait dans le dos par des rubans et n'exerçait qu'une pression modérée. Ce sacrifice au bon sens ne fut pas de longue durée; les élégantes de la Restauration portèrent des corsets rigides, lacés à l'arrière.

À partir de 1820, l'industrie du corset prit un grand développement : de 1828 à 1848, le nombre des brevets atteignit 64. En 1832, un Suisse, Jean Werly, établit à Bar-le-Duc la première manufacture de corsets tissés, dans lesquels les poches, augmentations ou rétrécissements, étaient obtenues mécaniquement. Bientôt, la fabrication française acquit à l'étranger une réputation méritée au point de vue de la coupe, de la façon et des mesures propres à éviter tout danger ou toute gêne. Lors de l'Exposition de 1849, la production parisienne occupait 6,500 ouvrières et s'élevait à 7 millions de francs, dont cinq sixièmes pour la vente en province ou l'exportation.

Notre supériorité s'affirma aux Expositions suivantes. En 1855, Paris restait au premier rang pour le corset cousu et avait un chiffre d'affaires de 10 à 12 millions, avec 10,000 ouvrières; Bar-le-Duc, Thizy et Lyon fabriquaient le corset tissé.

L'apparition de la machine à coudre contribua puissamment au progrès de l'industrie corsetière, qui ne cessa de croître, surtout après 1870. De 1867 à 1878, la production du corset en gros avait plus que doublé : le rapporteur du jury de 1878 l'évaluait à 11 millions, dont 7 pour la fabrique de Paris, et son estimation péchait sans doute par insuffisance; le corset tissé ou sans couture était demeuré presque stationnaire; la concentration de la vente dans les grands magasins de nouveautés portait une sérieuse atteinte au corset cousu sur mesure.

Pendant la période de 1878 à 1889, beaucoup de fabricants de Paris et de la province modifièrent profondément leurs moyens d'action, en créant de véritables usines, en y réunissant tous les perfectionnements de la mécanique moderne, en y employant la vapeur pour mettre en mouvement les machines à couper, à coudre, à plisser, à ganser, à poser les œillets, etc., ainsi que pour apprêter et repasser les corsets. Les ateliers par entreprise encore existants tendaient à

diminuer. On évaluait, en 1889, notre chiffre d'affaires à 50 ou 55 millions, somme dans laquelle la main-d'œuvre entrait pour 20 à 22 p. 100. Dix-huit à vingt mille ouvrières y trouvaient des moyens honorables d'existence. L'exportation française atteignait 1,500,000 fr. ou 2 millions; ses principaux débouchés étaient aux États-Unis, dans l'Amérique du Sud, sur les diverses places de l'Europe (sauf la Russie qui se protégeait par des droits prohibitifs) et dans les colonies anglaises.

Comme ses devancières, l'Exposition de 1900 a été tout à l'honneur de la France, qui s'y distinguait par la variété de genres, de coupes et de formes, par un judicieux emploi des tissus les plus divers, par le bon ajustage et l'élasticité, par les qualités hygiéniques, par la liberté de mouvements laissée au buste. Malgré le préjudice que lui causent les grands magasins de nouveautés, le corset sur mesure a gardé des adeptes et même reconquis des positions perdues. La fabrication du corset tissé ne se maintient que dans les anciennes et importantes maisons de Bar-le-Duc. Nos industriels sont en mesure de lutter contre leurs concurrents étrangers, pour les articles à bas prix. Paris conserve le monopole de la clientèle riche et élégante; Lyon, Laigle, Meaux, Orléans, Troyes, Toulouse, Blois, Marseille, Bordeaux, Le Mans, Lille, Alençon, Rouen ont d'importantes manufactures.

Dans presque tous les pays, en Allemagne, en Angleterre, en Autriche-Hongrie, en Belgique, aux États-Unis, en Italie, etc., l'industrie corsetière a progressé et amélioré son outillage, son organisation, ses méthodes de travail. Plusieurs gouvernements l'ont d'ailleurs favorisée, par exemple en accordant aux matières premières le bénéfice de l'admission temporaire.

On sait que les corsets actuels sont d'une seule pièce, dont les bords s'agrafent sur la poitrine, ou de deux pièces, qui s'agrafent de même sur le devant et se réunissent à l'arrière par un lacet simple ou un lacet à âme en caoutchouc : ce dernier type est le meilleur pour l'hygiène.

Ambroise Paré, attaquant la mode du corset comme funeste à la santé de ses clientes, rapportait qu'il avait vu sur sa table de dissection de jolies femmes à taille fine, leurs côtes chevauchant les unes par-

«dessus les autres». En 1855, le rapporteur du jury définissait le corset «un instrument de gêne et de mensonge, destiné à déformer la «femme»; il lui reprochait de déplacer les organes, d'en gêner les fonctions et de déterminer les maladies les plus graves, surtout chez les jeunes filles. L'un et l'autre prêchaient dans le désert; ils ne pouvaient avoir raison de la coquetterie féminine. Des palliatifs ont été étudiés à diverses époques. L'une des inventions récentes les plus marquantes est celle du corset scientifique, qui peut être l'origine d'une évolution profonde.

L'industrie du corset a pour annexes celles des buscs en acier, des baleines de corne et des baleines véritables. Nous n'importons pas de buscs en acier; mais notre exportation représente un demi-million. Les baleines de corne sont tirées de cornes de buffle des Indes, dont la préparation exige l'emploi de presses hydrauliques, de scies à ruban, de machines à doler, de tours à poncer et à polir, de rabots perfectionnés; c'est une fabrication en décadence. Malgré la concurrence de l'Allemagne, les fanons de baleine font encore, sur notre marché, l'objet de transactions assez actives.

Les mauvais plaisants ont souvent dit que «les premières *bretelles* «avaient été portées par les sans-culottes». Cet atroce jeu de mots a du moins le mérite de nous apprendre que l'invention de la bretelle remonte à la période révolutionnaire.

Jusqu'en 1830, on employait la bretelle ouvrière, formée de deux lisières en drap, avec une boutonnière à chaque extrémité, et la bretelle bourgeoise, dans laquelle la lisière était remplacée par des étoffes superposées ou par du cuir et de l'étoffe, avec partie rendue élastique au moyen de petits ressorts à boudin. L'une et l'autre se faisaient à la main.

Cependant deux Rouennais, Duval et Gosse, avaient déjà entrepris la confection des bretelles à l'aide de métiers primitifs en bois et, en 1826, leur compatriote Antheaume, simple ouvrier tisserand, avait imaginé les tissus tubulaires. Après divers essais, Antheaume réussit à construire un métier à six bandes; son invention, combinée avec l'emploi du fil de caoutchouc que la maison Rattier et Guibal de Paris importait d'Angleterre, marqua l'origine des *tissus élastiques*.

Vers 1836, apparurent la bretelle russe, bientôt perfectionnée par le va-et-vient, ainsi qu'un autre système désigné du nom de chevalet.

La période de 1840 à 1850 fut exceptionnellement féconde. Baron, de Rouen, inventa la bretelle rétrécie; l'outillage fit de grands progrès; la vulcanisation donna au caoutchouc des qualités qui lui manquaient jusqu'alors. Il en résulta une telle poussée qu'entre 1850 et 1860 la production dépassa de beaucoup les besoins de la consommation et que nos fabricants subirent une lourde crise.

Après 1860, la fabrication avait repris une allure normale. Son chiffre d'affaires, évalué à 9 ou 10 millions en 1867, pour les bretelles, les ceintures et les jarretières, s'était accru de plus de 50 p. 100 en 1878. Il ne paraît pas avoir sensiblement progressé depuis cette dernière date.

En dehors de Rouen, Saint-Étienne et Saint-Chamond sont des centres importants de production, le premier pour les bretelles, jarretières et ceintures, le second pour les élastiques de chaussures. Rouen emploie des tissus de coton; la Loire met en œuvre des tissus à trame de soie. La Somme a quelques manufactures importantes. Paris fournit des articles de luxe et de fantaisie.

L'industrie des tissus élastiques est très développée aux États-Unis.

Sous le premier Empire, la *canne* était déjà ce que nous l'avons vue de notre temps, une tige en bambou, en jonc, en rotin, en ébène, en laurier, en épine, en poirier, etc., couronnée par une pomme ou une poignée plus ou moins riche. Les variations du diamètre, de la longueur, de l'ornementation, suivant les caprices de la mode, n'en ont pas altéré le caractère.

On ne peut non plus constater que des modifications d'ordre secondaire pour les *cravaches* et les *fouets de chasse*.

Le *parapluie* date, en Europe, du XVIIe siècle. Il paraît être issu du parasol à l'orientale, usuel avant cette époque, et avoir pris naissance en Angleterre, pays particulièrement pluvieux. Ses débuts furent pénibles; ceux qui le portaient se voyaient en butte aux lazzi intéressés des cochers. C'était du reste un instrument fort incommode, ne pesant pas moins de 1,600 grammes : son poids a progressivement diminué

et, vers 1850, ne dépassait plus 250 à 500 grammes. À l'origine, le parapluie avait une couverture en soie gommée ou en coton ciré, des extenseurs en jonc, des baleines également en jonc ou en fanon de baleine, des articulations très primitives; on le tenait par un anneau, le manche renversé; un autre anneau maintenait les plis de l'étoffe enroulée. Peu à peu, il s'est transformé et perfectionné : les anciennes attaches ont fait place aux disques à encoches et aux fourchettes; l'acier en ⊔ a remplacé le jonc et la baleine; le ruban, l'élastique et, naguère, le godet se sont substitués à l'ancien anneau de fermeture, etc. Ai-je besoin de rappeler que le parapluie a eu ses heures de célébrité, notamment sous Louis-Philippe, et qu'il a vaillamment résisté aux sobriquets de riflard, de pépin et de robinson, dont on s'était plu à l'accabler.

D'abord très lourde, l'*ombrelle* est devenue plus légère et plus élégante, surtout à partir du règne de Louis XIV. On a successivement fait la couverture en peau de daim, en paille, en toile cirée, en taffetas, en satin, en moire, en blonde, en dentelle, en guipure, avec des broderies, des flots de rubans et d'autres ornements variés; certaines ombrelles de grand luxe étaient jadis décorées de miniatures. Le manche, la pomme ou la crosse, tout a servi de motif pour enrichir le parasol et flatter la vanité des femmes. Deux variétés d'ombrelles ont eu leur période de vogue : la marquise et la pompadour à manche brisé, que beaucoup d'entre nous ont encore connues aux heures de la jeunesse. Bien que le beau sexe n'ait pas eu le monopole des ombrelles, l'homme n'en a fait qu'un usage discret.

L'industrie des cannes, parapluies, ombrelles, a dû, comme les autres, réduire le travail à la main, irrégulier, lent, incertain, et recourir aux machines, balancier, tour, banc à tréfiler, scie circulaire, etc. Dès 1849, la révolution dans les anciens procédés était presque accomplie; le chiffre d'affaires de la fabrique française, pour les parapluies et les ombrelles, atteignait 20 millions. En 1878, ce chiffre était passé à 45 millions, dont 27 fournis par les articles de soie, 13 par les articles d'alpaga, 5 par les articles de coton. A la même époque, Paris, principal centre pour les cannes, les fouets, les cravaches, avait une production de 5 millions. La France occupait le

premier rang dans la fabrication des articles de prix; après avoir lutté péniblement contre d'autres pays, en particulier contre l'Angleterre, pour les parapluies et ombrelles à bon marché, elle était parvenue, sinon à les surpasser, du moins à les égaler. Jamais exposition n'avait été aussi brillante ni aussi riche que celle de la section française en 1889; Paris gardait la prépondérance au point de vue du goût et de la variété des modèles, mais la décentralisation s'accentuait nettement; une innovation consistait à courber sur pied les bois destinés aux cannes et aux manches de parapluies ou de parasols.

Notre situation est restée excellente à la fin du siècle. Les seules concurrences sérieuses sont celles de l'Angleterre, pour les cannes, et de l'Italie, pour les parapluies.

Les *boutons* sont faits de matières très diverses : métal, passementerie, étoffe, nacre, verre; céramique, corne, os, corozo, papier, etc.

C'est vers la fin du XVIIIe siècle que la mode, délaissant les boutons d'étoffe, se porta sur les boutons en métal, souvent ciselés, sculptés, émaillés, décorés de miniatures. Longtemps, ces boutons conservèrent une forme plate; garnis de mastic et sertis, ils laissaient beaucoup à désirer. Après 1830, la forme ronde prévalut et la fabrication reçut de notables perfectionnements. Paris a une réputation méritée pour les boutons en métal, spécialement pour les boutons artistiques, dont les patines et le coloris sont traités de main de maître; le bouton parisien en acier est inimitable; des améliorations successives ont été apportées à l'estampage, au reperçage, à l'ajourage. Une catégorie spéciale de boutons métalliques est celle des boutons pour pantalons, dont la fabrication mécanique a pris un développement considérable.

Les boutons de passementerie sont confectionnés à l'aiguille et au crochet; bien que fortement concurrencée, la France l'emporte toujours grâce au fini de l'exécution.

Autrefois, le bouton d'étoffe ou bouton cousu était formé d'une étoffe et d'un moule en bois. Ce modèle a fait place au type à queue de fil imaginé en 1844.

Encore dans l'enfance en 1830, le bouton de nacre n'a réellement

progressé qu'à partir de 1847, date à laquelle le découpage manuel fut remplacé par le découpage mécanique et où naquirent la machine à percer ainsi que la machine à graver. Aujourd'hui, le polissage s'effectue soit au tour, avec du tripoli et de l'acide sulfurique, soit à la planche, soit au tonneau. Les départements producteurs sont l'Oise, la Somme, le Pas-de-Calais, l'Isère, les Vosges, le Lot-et-Garonne. Des procédés nouveaux de teinture ont puissamment contribué au développement des articles de nacre.

Gablonz et les environs (Bohême) monopolisent presque la fabrication du bouton de verre et y emploient le procédé du moulage.

De l'Angleterre, où elle avait eu son origine en 1840, l'industrie des boutons de porcelaine est passée à Briare. Son importateur l'avait d'ailleurs profondément modifiée. Un outillage remarquable permettait de mouler à la fois plusieurs centaines de boutons, de fixer les anneaux, d'en vérifier automatiquement la solidité, d'arracher les pièces défectueuses ou mal soudées. Cette fabrication s'est implantée en Allemagne, en Italie et aux États-Unis, sous la protection des droits de douane.

Pour faire les boutons de corne, on ramollit la matière dans l'eau bouillante, on la découpe en rondelles, on la moule et on procède au finissage. D'habiles fabricants sont parvenus à revêtir ces boutons d'un aspect nacré, à les incruster, à leur donner le caractère d'articles de deuil. C'est une industrie parisienne.

Le département de l'Oise, celui du Nord et Paris produisent les boutons de corozo. Entreprise en France vers 1875, la fabrication dispose d'un bon outillage.

Créés en 1844, les boutons de papier ont trouvé leurs premières applications dans la cordonnerie et la carrosserie. La production française est monopolisée par des établissements de Paris et de Pont-à-Mousson. Elle exige un matériel compliqué (tours, étaux limeurs, fraiseuses, machines à percer, cisailles circulaires, machines à découper, presses, balanciers, tours à arrondir et à polir, encarteuses, cylindres trieurs, cylindres à vapeur pour le mouillage des vernis, étuves).

L'Autriche-Hongrie est un des principaux pays producteurs. Elle excelle dans les articles de nacre et de verre.

Deux types caractéristiques se dégagent de l'immense variété des *éventails :* celui de l'éventail à tige, ne se repliant pas sur lui-même; celui de l'éventail pliant. Le premier comprend non seulement les petits éventails-écrans tenus à la main ou suspendus à la ceinture, mais aussi les éventails plus grands que des serviteurs spéciaux avaient et ont encore dans certains pays la mission de porter et d'agiter devant leurs maîtres, enfin ces gigantesques appareils qui se suspendaient au plafond des vieux palais assyriens et que l'on continue à rencontrer dans l'Extrême-Orient.

Il serait oiseux de retracer ici les formes si diverses de l'éventail à manche, de dresser une nomenclature des matières si multiples employées à la confection des éventails de tout genre.

Pour le décor, on a eu recours à la broderie, au découpage, à la ciselure, à la sculpture, à la gravure, à l'émaillage, aux ornements d'or, d'argent, de verroterie, de rubans, de fleurs, de pierres précieuses, de perles. Les éventails ont servi de thème à des peintures exquises, à de légères aquarelles, à des gouaches séduisantes; on y a représenté des idylles, des allégories, des faits politiques ou scientifiques, des scènes patriotiques, des caricatures ou des satires; dans un genre plus prétentieux, on y a reproduit en miniature des tableaux de maître; beaucoup d'artistes en renom ont consacré leur talent à fournir des compositions spéciales. La lithographie en noir ou en couleurs a été mise à contribution. Des inscriptions, des devises, des sentences, des refrains populaires, des autographes, ont souvent illustré les feuilles de l'éventail.

Au temps de l'ancienne monarchie, les éventails français étaient réputés pour leur goût et leur élégance. Notre industrie subit une éclipse lors de la Révolution, puis traversa une période assez prolongée de malaise sous le premier Empire. Sa renaissance date de 1829. En 1844, l'usage de l'emporte-pièce, du découpoir, du balancier, de la presse lithographique, était déjà fort répandu. Bientôt le développement de l'outillage mécanique, l'emploi des machines pour le débi-

tage des bois, pour le découpage des montures, pour l'impression des feuilles, pour la broderie, pour le plissage, la diffusion du sens artistique, la mise en pratique de bonnes méthodes d'apprentissage et la démocratisation du luxe donnèrent un nouvel essor à la fabrication; notre chiffre d'affaires atteignit 12 millions.

Les grandes Expositions universelles ne cessèrent d'attester le goût élégant, la fantaisie, l'invention, la verve, la conscience irréprochable des fabricants français et de leurs collaborateurs. Elles montrèrent de véritables objets d'art, remarquables par la finesse des sculptures, le mérite des peintures, la beauté des dentelles et des broderies, le travail des plumes, de l'ivoire et de l'écaille. Paris et le département de l'Oise avaient une prééminence incontestée.

Depuis quelques années, la France a dû se cantonner dans les articles de luxe et, par suite, restreindre sensiblement sa production. En effet, le Japon, toujours à l'affût des nouveautés et de leurs reproductions possibles, inonde l'Europe d'éventails légers et bien finis, d'un bon marché étonnant. D'autre part, l'Espagne et l'Italie, profitant du bas prix de leur main-d'œuvre, ont créé de grandes manufactures pour les articles de consommation moyenne. Les effets de la concurrence se sont, d'ailleurs, fait sentir plus lourdement encore que chez nous dans d'autres pays, comme l'Autriche qui éveillait en 1889 les plus belles espérances.

Nos éventails de luxe et de fantaisie restent universellement appréciés. Ils sont aujourd'hui composés de manière à faire partie intégrante de la toilette et à s'y marier étroitement.

Pendant la période triennale 1898-1900, les mouvements annuels moyens d'importation et d'exportation ont été les suivants, pour les cravates, les corsets, les parapluies, les boutons et les éventails :

IMPORTATION.

Cravates (Angleterre, Allemagne, Suisse).......	470,000 francs.
Corsets..................................	15,000
Parapluies (Angleterre, Allemagne, etc.)........	155,000
Boutons (Allemagne, Autriche-Hongrie, etc.)....	320,000
Éventails (Japon, Espagne, etc.)..............	330,000

IMPRIMERIE NATIONALE.

EXPORTATION.

Cravates (Angleterre, Algérie, Mexique, Belgique, Suisse, Allemagne, Chili, etc.)	670,000 francs.
Corsets (Angleterre, Suisse, Belgique, Algérie, États-Unis, Pays-Bas)	1,310,000
Parapluies (Indo-Chine, Madagascar, Algérie, Indes anglaises, Japon, Chine, Mexique, etc.)	2,310,000
Boutons (Angleterre, Belgique, Pays-Bas, États-Unis, Allemagne, Espagne, République Argentine, Égypte, etc.)	8,620,000
Éventails (République Argentine, Angleterre, Belgique, Brésil, etc.)	1,245,000

FIN DU TOME QUATRIÈME.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

Chapitre XIII. — Mines et métallurgie 1

§ 1. *Mines* 1

1. Considérations préliminaires 1
2. Matériel et procédés de l'exploitation des mines 2

1. Généralités 2
2. Sondages 4
3. Fonçage des puits 7
4. Transmission de l'énergie 9
5. Percement des galeries 11
6. Aérage 16
7. Éclairage 18
8. Transport des produits à l'intérieur de la mine 19
9. Extraction des produits 22
10. Circulation des ouvriers 27
11. Épuisements 28
12. Préparation des charbons et des minerais 30
13. Agglomération des charbons 32
14. Fours à coke 33
15. Sécurité du personnel 34

3. Produits des industries minières 36

1. Combustibles minéraux 36
2. Matières bitumineuses. Huiles minérales 40
3. Minerais de fer 43
4. Minerais métalliques divers 45
5. Métaux précieux 47
6. Pyrites de fer. Soufre 49
7. Sel 50
8. Produits des carrières 52

§ 2. *Métallurgie* 54

1. Considérations préliminaires 54
2. Sidérurgie 55

1. Fonte 55
2. Fer et acier 63

3. Métallurgie des métaux autres que le fer 82
4. Outillage de la grosse métallurgie 92
5. Petite métallurgie 94

CHAPITRE XIV. — INDUSTRIES DE LA DÉCORATION ET DU MOBILIER. CHAUFFAGE ET VENTILATION. ÉCLAIRAGE NON ÉLECTRIQUE 101

§ 1. *Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations* 101

1. Décoration fixe 101
2. Vitraux 102
3. Papiers peints 104
4. Meubles 110
5. Tapisseries, tapis, tissus divers d'ameublement 112
6. Céramique 120
7. Cristaux, verrerie 134

§ 2. *Chauffage et ventilation. Éclairage non électrique* 148

1. Appareils et procédés généraux du chauffage et de la ventilation 148
   1. Chauffage 148
   2. Ventilation 164
2. Appareils et procédés d'éclairage non électrique 165

CHAPITRE XV. — FILS, TISSUS, VÊTEMENTS 181

§ 1. *Matériel et procédés de la filature et de la corderie* 181

1. Filature du coton, de la laine, du lin et du chanvre 181
   1. Généralités 181
   2. Origines de la filature mécanique du coton 182
   3. Origines de la filature mécanique des laines 184
   4. Origines de la filature mécanique du lin et du chanvre 187
   5. Observation sur les progrès simultanés des diverses branches de la filature 192
   6. Progrès des machines de préparation jusqu'au milieu du XIXe siècle 193
   7. Progrès des métiers à filer jusqu'au milieu du XIXe siècle 200
   8. Progrès du matériel pendant la seconde moitié du XIXe siècle 206
   9. Aperçu sur les opérations complémentaires de la filature 218
2. Filature de la soie 219
3. Corderie 227
4. Appareils d'épreuve et de vérification. Conditionnement. Ventilation, humidification 229
5. Statistique commerciale 230

§ 2. *Matériel et procédés de la fabrication des tissus* 231

1. Métiers pour tissus pleins 231
   1. Métiers simples à bras et métiers mécaniques pour tissus unis jusqu'au milieu du XIXe siècle 231
   2. Métiers à la marche ou à la tire pour façonnés jusqu'au milieu du XIXe siècle 237
   3. Métiers à la barre, métiers à navettes changeantes, jusqu'au milieu du XIXe siècle 243

CHAPITRE XV. — FILS, TISSUS, VÊTEMENTS. (Suite.)

4. Battants-brocheurs, métiers à espolins et à roquetins multiples, etc., jusqu'au milieu du XIXe siècle.......... 245
5. Progrès des métiers pour tissus pleins pendant la seconde moitié du XIXe siècle.......... 247

2. Métiers pour tissus à jours ou à mailles.......... 257

1. Métiers pour tulles et dentelles mécaniques.......... 257
2. Métiers pour bonneterie.......... 260

3. Statistique commerciale.......... 265

§ 3. *Matériel et procédés du blanchiment, de la teinture, de l'impression et de l'apprêt des matières textiles*.......... 266

1. Observations diverses sur les fibres textiles.......... 266
2. Blanchiment.......... 270
3. Teinture et impression.......... 279
4. Apprêts.......... 293

§ 4. *Matériel et procédés de la couture et de la fabrication de l'habillement*.......... 297

1. Machines à coudre d'un usage général.......... 297
2. Machines à coudre d'un usage spécial. Machines à broder.......... 301
3. Matériel de la confection du vêtement.......... 304
4. Matériel de la fabrication des chapeaux.......... 305
5. Matériel de la fabrication des gants.......... 307
6. Matériel de la fabrication des chaussures.......... 308
7. Matériel de la fabrication des fleurs artificielles.......... 311

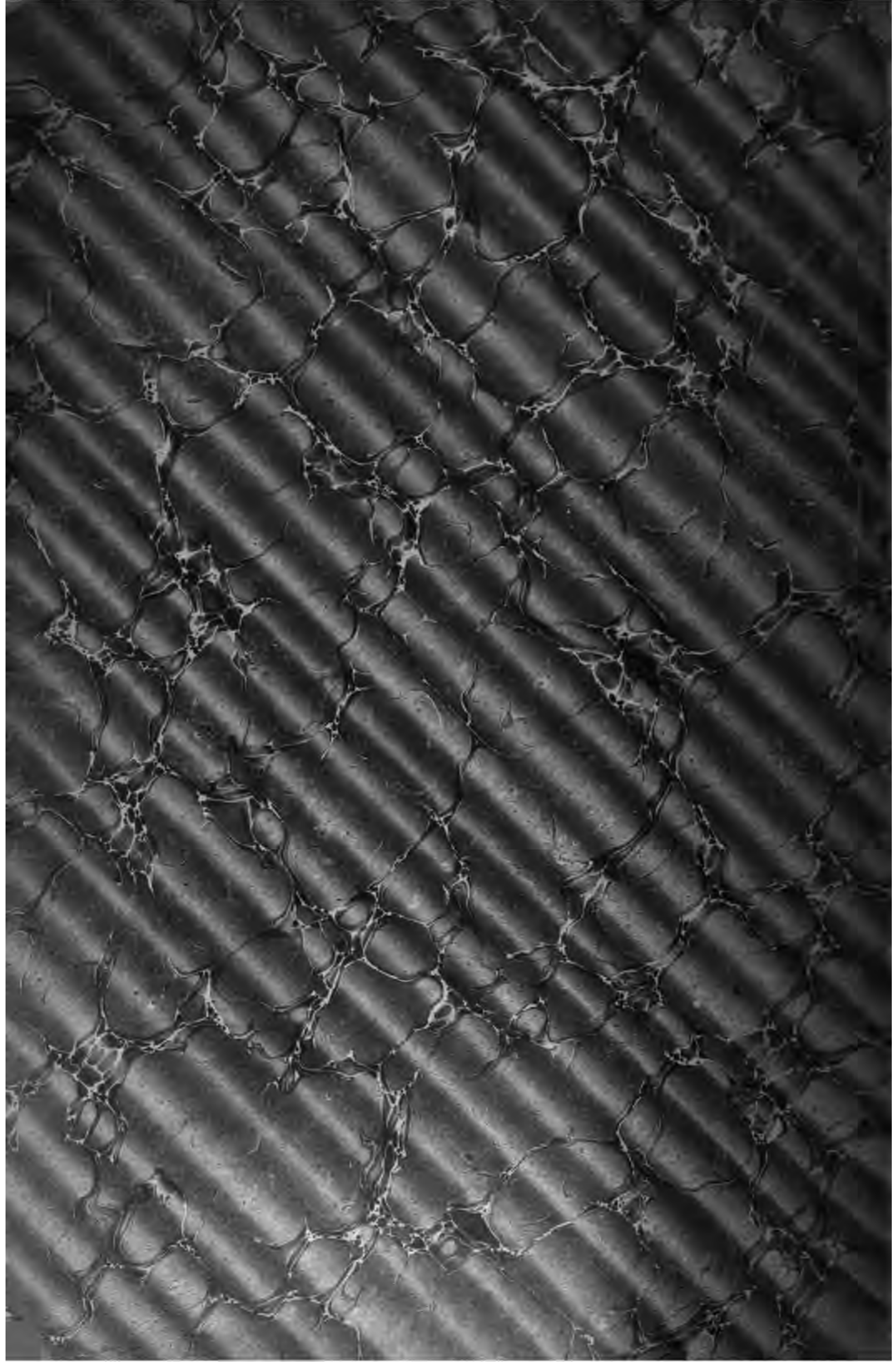
§ 5. *Fils et tissus*.......... 312

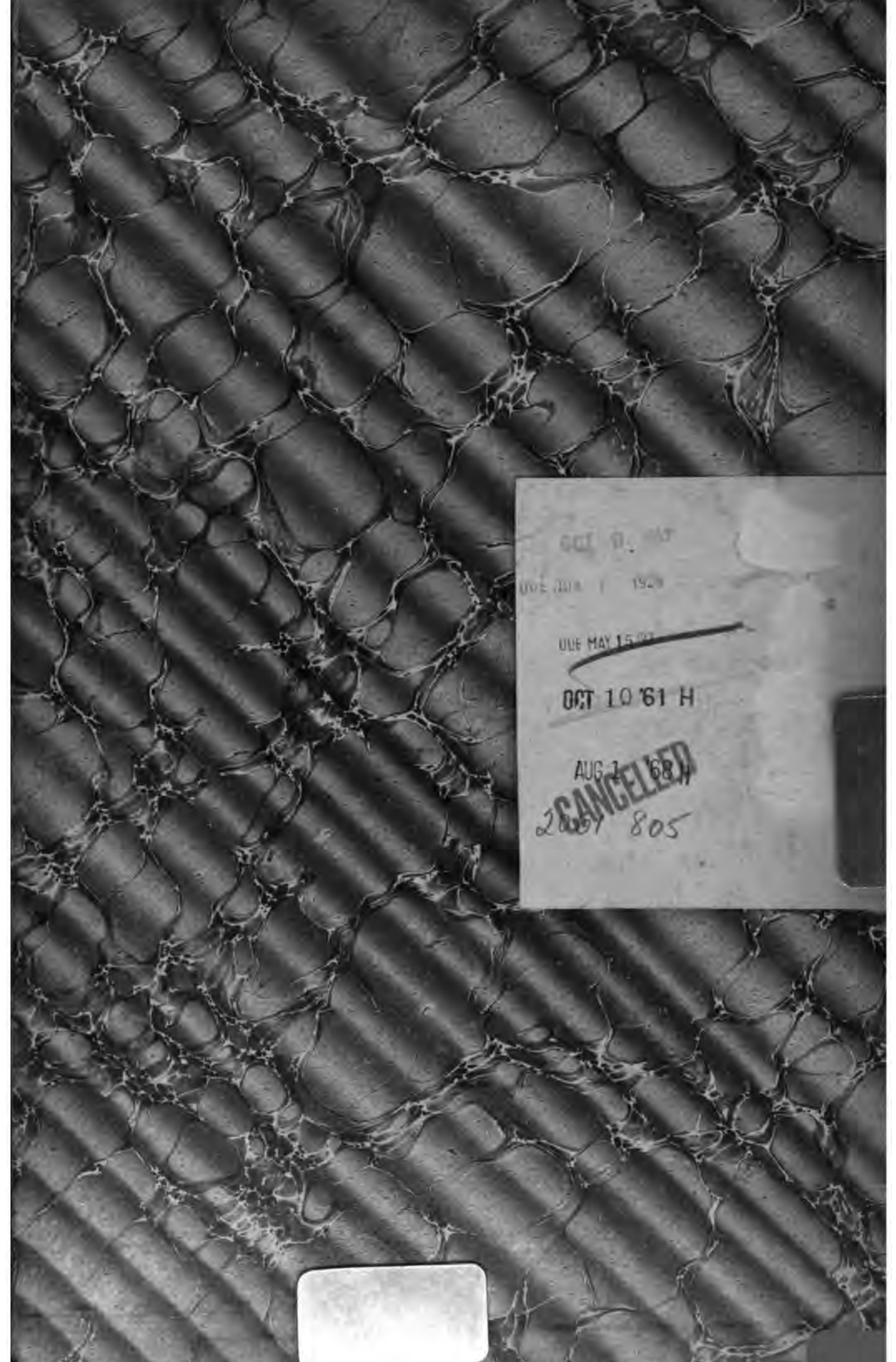
1. Fils et tissus de coton.......... 312
2. Fils et tissus de lin, de chanvre, etc. Produits de la corderie.......... 327
3. Fils et tissus de laine.......... 338
4. Soies et tissus de soie.......... 363
5. Dentelles, broderies et passementeries.......... 392

1. Dentelles.......... 392
2. Broderies.......... 400
3. Passementeries.......... 404

§ 6. *Habillement des deux sexes*.......... 406

1. Observations générales.......... 406
2. Vêtements d'homme.......... 407
3. Vêtements de femme.......... 411
4. Chapellerie.......... 416
5. Fleurs artificielles, plumes, modes.......... 421
6. Lingerie.......... 426
7. Bonneterie.......... 429
8. Ganterie.......... 433
9. Chaussures.......... 437
10. Articles divers.......... 439




OCT 10 '61 H
CANCELLED


3 2044 105 212 328